



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA INDUSTRIAL**

TITULO

**“Mejora de la Calidad en el Proceso de Fabricación de Chinelas de Hule en
Rolter S.A.”**

AUTORES

Br. Shair Eduardo Peralta Cruz.

Br. Enrique Antonio Sáenz Castro.

Br. Sergio Bautista Marín Muñoz.

TUTOR

Ing. Oscar Danilo Fuentes Espinoza.

Managua, 08 de Octubre de 2015

RESUMEN

El presente estudio monográfico tuvo como finalidad, diagnosticar el estado actual del proceso productivo de chinelas de hule en Rolter S.A. a partir del uso de herramientas que evalúan la calidad y recomendar las idóneas, para que sea valorado como un proceso capaz de producir un bien que cumple con las especificaciones del consumidor y/o estipuladas por la empresa.

Como primera actividad, se elaboró el flujo grama del proceso de producción, con el cual se logró conocer, interpretar, analizar y evaluar cada una de las operaciones del proceso productivo de las chinelas de hule.

Se utilizaron diferentes herramientas tales como: cartas de control, diagramas Ishikawa, paretoграмas, que fueron analizadas en el software Minitab 16. Los análisis en el software permitieron determinar las variables y atributos que influían en la calidad del producto así como los principales defectos o no conformidades que ocurren en cada una de las áreas productivas.

Para la valoración de cada uno de los procesos se empleó índices de capacidad con especificaciones que la empresa posee actualmente, obteniéndose como resultado general que la mayoría de los procesos, no son capaces de cumplir con el rango que proporciona las tolerancias definidas, es decir, no se obtiene un “bien” que se desempeñe con lo que se requiere de cada área, haciendo que la empresa este en constantes cambios de las características de los productos en proceso sin importarles las deficiencias.

Con la situación actual de la empresa en base a la calidad de la chinela de hule, se empleó el método PHVA, conocido como Ciclo de Deming para la mejora continua, detallando cada actividad que se interponga en la evolución de las causas que no permiten el buen desempeño del producto en materia y que sirva como ejemplo para futuras mejoras en base a buenas prácticas de calidad, a través de su aplicación.

Índice

I.Introducción.....	5
II.Objetivos.....	7
General.....	7
Específicos.....	7
III.Justificación.....	8
IV.Marco Teórico.....	10
1.Lluvia de Ideas.....	10
2.Diagrama de Pareto	11
3.Diagrama de Estratificación.....	12
4.Hoja de Verificación.....	13
5.Diagrama de Ishikawa (Causa - Efecto).....	14
6.Diagrama de Dispersión	17
6.1.Coeficiente de correlación.....	19
7.Histograma y Tabla de Frecuencias.....	20
8.Cartas de Control.....	22
8.1.Causas Comunes y Especiales de Variación.....	23
8.2.Carta de Control por Variables.....	24
8.3.Cartas de Control por Atributos.....	27
9.Índices de Capacidad para Procesos con Doble Especificación.....	30
9.1.Índice Cp.....	31
9.2.Índice Cr.....	33
9.3.Índices Cpi, Cps, Cpk.....	34
9.4.Índice K	35
9.5.Índice Cpm (Índice de Taguchi).....	36
10.Muestreo de Aceptación	37
10.1.Tipos de Planes de Muestreo	39
10.2.Muestreo por Atributos: Simple, Doble, Múltiple.....	39
10.3.Formación del lote y selección de la muestra.....	41
10.4.Selección de la Muestra.....	41
10.5.Índices para los Planes de Muestreo de Aceptación.....	42
10.6.Military Standard 105E (MIL STD 105E).....	43

10.7.Military Standard 414 (MIL Std 414).....	46
V.Flujo grama del proceso de fabricación de chinelas de hule en Rolter S.A.....	49
1.Breve explicación de áreas con la herramienta de calidad que actualmente aplican.....	49
VI.Diagnóstico de la aplicación de las herramientas de Calidad. Análisis y Planteamientos de Mejora.....	52
1.Recepción y Pesaje de Materiales.....	52
2.Dosificado para Plantilla y Fajas	62
3.Preformado de Plantilla y Fajas.....	69
4.Vulcanizado de Plantilla y Fajas.....	84
5.Troquelado y Revisado	98
Ingenio Monte Rosa	92
6.Recorte y Revisado de Fajas.....	113
7.Ensamble de Chinelas.....	116
VII.Método PHVA para la Mejora Continua	120
VIII.Conclusiones.....	125
IX.Recomendaciones.....	126
X.Bibliografía.....	128
XI.Anexos.....	130

I. Introducción

Rolter S.A. es una empresa especializada en la fabricación de sandalias de caucho, en la comercialización diversificada de calzado y otros productos de alta calidad para atender al mercado nacional y regional; empresa situada en la ciudad de Managua siendo considerada por el Ministerio de Industria y Comercio (MIFIC), como Mediana Empresa de capital privado; fue fundada en 1956 por Roger Lacayo Terán quien nombra la fábrica con las iniciales de su nombre.

Actualmente, mantiene un producto de liderazgo nacional conocido como “Chinela”, aceptado por todos los nicaragüenses por su confort y durabilidad. Cuenta con aproximadamente 200 empleados la cual tienen una capacidad de producción de 250,000 pares de sandalias por mes, capacidad que puede ser ampliada fácilmente a 360,000 pares y con algunos ajustes a 500,000. Sus exportaciones tienen como destino los Estados Unidos, América del Sur, Europa, y países centroamericanos y Panamá.

Actualmente la empresa enfrenta diversos problemas, pero específicamente en el área de calidad uno de los más severos es, que existe mucha variabilidad en las especificaciones del producto en cada etapa de fabricación. La empresa aplica algunos controles de calidad de proceso en las siguientes operaciones: recepción y pesaje de materia prima, preformado de faja y plantilla, vulcanizado de faja y plantilla, recorte y revisado de fajas, ensamble de chinelas, sin embargo en las siguientes: preformado de faja y troquelado de faja, no se lleva ningún registro ni análisis de las especificaciones.

De manera general se aplican las siguientes herramientas en las diferentes operaciones: Check List, Plan de Muestreo, Graficas de Control, Diagrama Ishikawa, Diagrama de Dispersión, Paretoگرامa, Histograma.

El propósito del presente trabajo monográfico fue, verificar si el proceso de producción actual es capaz de fabricar un producto que cumpla con los estándares establecidos por los clientes de la empresa.

Para encontrar la respuesta al propósito arriba planteado, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa, para ello se utilizaron diversas herramientas de calidad tales como: el diagrama de flujo, cartas de control por variable, planes de muestreo, histogramas, hojas de verificación, paretogramas. A partir de los resultados del diagnóstico se hicieron propuestas de mejora utilizando el ciclo PHVA.

II. Objetivos

General

Aplicar las Herramientas de Calidad que permitan la mejora del proceso de Fabricación de Chinelas de hule en Rolter S.A

Específicos

- Elaborar Flujo grama de las Etapas de Proceso de Fabricación
- Determinar las Variables y Atributos que tienen mayor influencia en la Calidad del Producto
- Definir los principales defectos que ocurren en cada una de las etapas
- Utilizar Índices de Capacidad para que evalúen de manera práctica las habilidades de los procesos en el cumplimiento de especificaciones
- Emplear Método PHVA (Ciclo de Deming) para la Mejora Continua.

III. Justificación

La Empresa Rolter S.A., para ser competitiva a nivel nacional e internacional debe manufacturar productos de alta calidad que satisfagan los requisitos exigidos por los clientes.

Para lograr la calidad exigida en sus productos, la empresa debe reducir los ocho tipos desperdicios en productos manufacturados: Sobreproducción, Tiempos de Espera, Transportes, Excesos de Procesados, Inventarios, Movimientos, Defectos y Potencial Humano Subutilizado, el cual, los principios claves para la reducción de los desperdicios antes mencionados son: Calidad Perfecta a la primera, Minimización del Despilfarro, Mejora Continua, procesos “Pull” (es decir fabricar productos que sean demandados por los clientes y no empujados por el final de la producción) y Flexibilidad en los Procesos.

Con el objetivo de aplicar el primer principio, Calidad Perfecta a la primera, en esta monografía se hizo uso de herramientas de control estadístico de calidad, para diagnosticar la situación actual, identificando las causas que provocan la variabilidad en los procesos de producción de Rolter. Como segunda instancia, se estableció las herramientas apropiadas para aplicarlas constantemente.

Se estudiaron 11 procesos divididos en 7 áreas, los cuales son: Recepción de Materiales, Dosificados, Preformados, Vulcanizado, Troquelado, Recorte y Ensamblado. En cada uno de ellos se utilizaron diferentes técnicas, tales como cartas de variables que permitieron delimitar los límites de control de proceso y determinar si bajo las condiciones actuales, estos procesos son capaces. Asimismo se utilizaron hojas de verificación y paretogramas, para identificar cuáles son las no conformidades más comunes que se encuentran en cada uno de los procesos e identificar las posibles causas de sus ocurrencias, para luego evaluar alternativas de mejoras. Además se aplicaron diagramas Causa-Efecto, histogramas, hojas de verificación, paretogramas y otras, que evaluaron las

causas que hacen que el proceso no sea capaz y que presente mucha variabilidad.

Finalmente con este estudio se realizarán pruebas de hipótesis estadísticas, en las que se evaluará si los procesos están cumpliendo con los requisitos establecidos por la empresa para cada uno de los procesos arriba mencionados.

IV. Marco Teórico

El control estadístico de la Calidad es un método Efectivo, para monitorear el proceso que se ejecutan, tanto en las instalaciones de una Empresa Manufacturera como en el desempeño de un Servicio, ya que con las exigencias de Mejora a la que se ven expuestas las organizaciones, se han visto en una alta competitividad, se ha hecho más evidente la necesidad de ampliar la proporcionado por una Empresa de esta índole.

En relación al control estadístico, Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, señala que:

Este control de Calidad se basa en los aspectos esenciales de la estrategia de mejora de la Calidad comprendidas en la Metodología 6 Sigma (6σ), empleando las Herramientas Básicas como:

1. Lluvia de Ideas
2. Diagrama de Pareto
3. Diagrama de Estratificación
4. Hoja de Verificación o Registro
5. Diagrama Ishikawa (Causa - Efecto)
6. Diagrama de Dispersión y Coeficiente de Correlación
7. Histograma y Tabla de Frecuencias
8. Cartas de Control (p 139)

Tomando el primer inciso, la definición que proporciona Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, la realiza de esta manera:

1. Lluvia de Ideas

Conocida como *Brainstorm*, es una forma de pensamiento creativo, encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre determinado tema o problema. Esta técnica es de gran utilidad para el trabajo en

equipo, ya que permite la reflexión y el diálogo con respecto a un problema y en términos de igualdad. (p 159)

La herramienta anterior ayuda en la formación de la siguiente herramienta indispensable de la calidad, el cual, Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, la define como:

2. Diagrama de Pareto

Conocido también como Paretograma, gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, ya que se ordenan por orden de importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso. Con la aplicación de esta herramienta se reconoce que más del 80% de la problemática es debido a causas comunes, ratificando el principio de Pareto, el cual, se refiere a que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto.

Pasos para la construcción de un diagrama de Pareto

- 1) Es necesario decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender, así como tener claro qué objetivo se persigue. A partir de lo anterior, se procede a visualizar o imaginar qué tipo de diagrama de Pareto puede ser útil para localizar prioridades o entender mejor el problema.
- 2) Con base en lo anterior se discute y decide el tipo de datos que se van a necesitar, así como los posibles factores que sería importante estratificar. Entonces, se construye una hoja de verificación bien diseñada para la colección de datos que identifique tales factores.
- 3) Si la información se va a tomar de reportes anteriores o si se va a coleccionar, es preciso definir el periodo del que se tomarán los datos y determinar a la persona responsable de ello.
- 4) Al terminar de obtener los datos se construye una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
- 5) Se decide si el criterio con el que se van a jerarquizar las diferentes categorías será directamente la frecuencia o si será necesario multiplicarla

por su costo o intensidad correspondiente. De ser así, es preciso multiplicarla. Después de esto, se procede a realizar la gráfica.

6) Documentación de referencias del diagrama, como son títulos, periodo, área de trabajo, etc.

7) Se realiza la interpretación del diagrama y, si existe una categoría que predomina, se hace un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que más influyen en el mismo. (pp 140 – 144).

Continuando con las definiciones correspondientes de las Herramientas de Calidad que presenta la Metodología 6 sigma, Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, menciona las siguientes:

3. Diagrama de Estratificación

De acuerdo con el principio de Pareto existen unos cuantos problemas vitales que son originados por pocas causas clave, pero resulta necesario identificarlos mediante análisis adecuados. Estratificación o Clasificación de datos, consiste en analizar problemas, fallas, o datos, clasificándolos de acuerdo con los factores que pueden influir en la magnitud de los mismos.

Es una poderosa estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de forma que sea posible localizar diferencias, prioridades y pistas que permitan profundizar en la búsqueda de las verdaderas causas de un problema. La estratificación recoge la idea del diagrama de Pareto y la generaliza como una estrategia de análisis y búsqueda.

Recomendaciones para estratificar

1) A partir de un objetivo claro e importante, determine con discusión y análisis las características o factores a estratificar.

2) Mediante la colección de datos, evalúe la situación actual de las características seleccionadas. Exprese de manera gráfica la evaluación de las características (diagrama de Pareto, histograma, cartas de control, diagrama de caja, etc.)

- 3) Determine las posibles causas de la variación en los datos obtenidos con la estratificación. Esto puede llevar a estratificar una característica más específica, como en los ejemplos.
- 4) Ir más a fondo en alguna característica y estratificarla.
- 5) Estratifique hasta donde sea posible y obtenga conclusiones de todo el análisis realizado. (p 144)

4. Hoja de Verificación

Es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo y sistemático, y se puedan analizar visualmente los resultados obtenidos.

Una buena hoja de verificación debe reunir la característica de que, visualmente, permita hacer un primer análisis para apreciar las principales características de la información buscada. Algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación son las siguientes:

- Describir el desempeño o los resultados de un proceso.
- Clasificar las fallas, quejas o defectos detectados, con el propósito de identificar sus magnitudes, razones, tipos de fallas, áreas de donde proceden, etc.
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad.
- Analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los planes de mejora.

La finalidad es fortalecer el análisis y la medición del desempeño de los diferentes procesos de la empresa, a fin de contar con información que permita orientar esfuerzos, actuar y decidir objetivamente. (pp 148 – 152)

Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, relaciona la herramientas Lluvia de Ideas y Diagrama de Pareto, ya que la siguiente, se basa en la informacion obtenida de las antes mencionadas, ésta se define:

5. Diagrama de Ishikawa (Causa - Efecto)

Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas.

Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica; son: Método de las 6M, Método Tipo Flujo del Proceso y Método de Estratificación o Enumeración de Causas.

El que se utilizará es el Método de las 6M, ya que es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6 M): métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6 M.

Aspectos o factores a considerar en las 6 M

Mano de obra o gente

- Conocimiento (¿la gente conoce su trabajo?).
- Entrenamiento (¿los operadores están entrenados?).
- Habilidad (¿los operadores han demostrado tener habilidad para el trabajo que realizan?).
- Capacidad (¿se espera que cualquier trabajador lleve a cabo su labor de manera eficiente?).
- ¿La gente está motivada? ¿Conoce la importancia de su trabajo por la calidad?

Métodos

- Estandarización (¿las responsabilidades y los procedimientos de trabajo están definidos de manera clara y adecuada o dependen del criterio de cada persona?).
- Excepciones (¿cuándo el procedimiento estándar no se puede llevar a cabo existe un procedimiento alternativo definido claramente?).
- Definición de operaciones (¿están definidas las operaciones que constituyen los procedimientos?, ¿cómo se decide si la operación fue realizada de manera correcta?).

La contribución a la calidad por parte de esta rama es fundamental, ya que por un lado cuestiona si están definidos los métodos de trabajo, las operaciones y las responsabilidades; por el otro, en caso de que sí estén definidas, cuestiona si son adecuados.

Máquinas o equipos

- Capacidad (¿las máquinas han demostrado ser capaces de dar la calidad que se requiere?).
- Condiciones de operación (¿las condiciones de operación en términos de las variables de entrada son las adecuadas?, ¿se ha realizado algún estudio que lo respalde?).
- ¿Hay diferencias? (hacer comparaciones entre máquinas, cadenas, estaciones, instalaciones, etc. ¿Se identificaron grandes diferencias?).
- Herramientas (¿hay cambios de herramientas periódicamente?, ¿son adecuados?).
- Ajustes (¿los criterios para ajustar las máquinas son claros y han sido determinados de forma adecuada?).
- Mantenimiento (¿hay programas de mantenimiento preventivo?, ¿son adecuados?).

Material

- Variabilidad (¿se conoce cómo influye la variabilidad de los materiales o materia prima sobre el problema?).
- Cambios (¿ha habido algún cambio reciente en los materiales?).

- Proveedores (¿cuál es la influencia de múltiples proveedores?, ¿se sabe si hay diferencias significativas y cómo influyen éstas?).
- Tipos (¿se sabe cómo influyen los distintos tipos de materiales?).

Mediciones

- Disponibilidad (¿se dispone de las mediciones requeridas para detectar o prevenir el problema?).
- Definiciones (¿están definidas de manera operacional las características que son medidas?).
- Tamaño de la muestra (¿han sido medidas suficientes piezas?, ¿son representativas de tal forma que las decisiones tengan sustento?).
- Repetitividad (¿se tiene evidencia de que el instrumento de medición es capaz de repetir la medida con la precisión requerida?).
- Reproducibilidad (¿se tiene evidencia de que los métodos y criterios usados por los operadores para tomar mediciones son adecuados?).
- Calibración o sesgo (¿existe algún sesgo en las medidas generadas por el sistema de medición?).

Esta rama destaca la importancia que tiene el sistema de medición para la calidad, ya que las mediciones a lo largo del proceso son la base para tomar decisiones y acciones; por lo tanto, debemos preguntarnos si estas mediciones son representativas y correctas, es decir, si en el contexto del problema que se está analizando, las mediciones son de calidad, y si los resultados de medición, las pruebas y la inspección son fiables.

Medio ambiente

- Ciclos (¿existen patrones o ciclos en los procesos que dependen de condiciones del medio ambiente?).
- Temperatura (¿la temperatura ambiental influye en las operaciones?). (pp 152 -156)

Continuando con las definiciones que son proporcionadas por la Metodología 6 Sigma, información obtenida de Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, menciona que:

6. Diagrama de Dispersión

Es una gráfica cuyo objetivo es analizar la forma en que dos variables numéricas están relacionadas. Dadas dos variables numéricas X y Y , medidas usualmente sobre el mismo elemento de la muestra de una población o proceso, en la gráfica del tipo X - Y , es donde cada elemento de la muestra es representado mediante un par de valores (x_i, y_i) y el punto correspondiente en el plano cartesiano X - Y .

La interpretación de este diagrama estaba basado en el patrón que se obtiene al realizar la dispersión en Plano Cartesiano, da como resultado 3 tipos de Correlaciones que están presente en la Medición:

Sin Correlación: Se presenta cuando los puntos en un diagrama de dispersión están dispersos sin ningún patrón u orden aparente.

Correlación Positiva: Es cuando dos factores (X, Y) se relacionan en forma lineal positiva, de tal forma que al aumentar uno también lo hace el otro.

Correlación Negativa: Relación lineal entre dos variables $(X$ y $Y)$, tal que cuando una variable crece la otra disminuye y viceversa.

De cualquier forma, quien interprete el diagrama de dispersión debe tomar en cuenta que algunas de las razones por las que las variables X y Y aparecen relacionadas de manera significativa son:

- X influye sobre Y (éste es el caso que suele interesar más).
- Y influye sobre X .
- X y Y interactúan entre sí.
- Una tercera variable Z influye sobre ambas y es la causante de tal relación.
- X y Y actúan en forma similar debido al azar.
- X y Y aparecen relacionadas debido a que la muestra no es representativa.

Construcción de un diagrama de dispersión

1. Obtención de datos. Una vez que se han seleccionado las variables que se desea investigar, se colectan los valores de ambas sobre la misma pieza o unidad. Entre mayor sea el número de puntos con el que se construye un diagrama de dispersión es mejor. Por ello, siempre que sea posible se recomienda obtener más de 30 parejas de valores.
2. Elegir ejes. Por lo general, si se trata de descubrir una relación causa-efecto, la posible causa se representa en el eje X y el probable efecto en el eje Y. Por ejemplo, X puede ser una variable de entrada y Y una de salida. Si lo que se está investigando es la relación entre dos variables cualesquiera, entonces en el eje X se anota la que se puede controlar más, medir de manera más fácil o la que ocurre primero durante el proceso. Es necesario anotar en los ejes el título de cada variable.
3. Construir escalas. Los ejes deben ser tan largos como sea posible, pero de longitud similar. Para construir la escala se sugiere encontrar el valor máximo y el mínimo de ambas variables. Es preciso escoger las unidades para ambos ejes de tal forma que los extremos de éstos coincidan de manera aproximada con el máximo y el mínimo de la correspondiente variable.
4. Graficar los datos. Con base en las coordenadas en el eje X y en el eje Y, representar con un punto en el plano X-Y los valores de ambas variables. Cuando existen parejas de datos repetidos (con los mismos valores en ambos ejes), en el momento de estar graficando se detectará un punto que ya está graficado, y entonces se traza un círculo sobre el punto para indicar que está repetido una vez. Si se vuelve a repetir, se traza otro círculo concéntrico y así sucesivamente.
5. Documentar el diagrama. Registrar en el diagrama toda la información que sea de utilidad para identificarlo, como son títulos, periodo que cubren los datos, unidades de cada eje, área o departamento, y persona responsable de coleccionar los datos.

6.1. Coeficiente de correlación

Es de utilidad para asegurarse de que la relación entre dos variables que se observa en un diagrama no se debe a una construcción errónea del diagrama de dispersión (por ejemplo, el tamaño y las escalas), así como para cuantificar la magnitud de la correlación lineal en términos numéricos. Para un conjunto de n valores del tipo (x_i, y_i) , obtenidos a partir de n unidades o productos, este coeficiente se calcula con:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}}$$

Donde:

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n}$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n}$$

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}{n}$$

Para calcular r es recomendable apoyarse en un programa computacional. Por ejemplo en Excel se utiliza la siguiente función:

=COEF.DE.CORREL (matriz1; matriz2) (pp 157 – 159)

Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, afirma que la siguiente herramienta esta vinculada con las demás herramientas, ya que la aplicación de éstas, los datos obtenidos son expresados en intervalos que ayudan a tomar decisiones mas rapido y seguras, la definicion que proporciona es la siguiente:

7. Histograma y Tabla de Frecuencias

Histograma, Representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto de datos o de una variable, donde los datos se clasifican por su magnitud en cierto número de clases. Permite visualizar la tendencia central, la dispersión y la forma de la distribución.

Tabla de frecuencias, Representación, en forma de tabla, de la distribución de unos datos, a los que se clasifica por su magnitud en cierto número de clases.

Ambas permiten visualizar estos dos aspectos de un conjunto de datos, y además muestran la forma en que los datos se distribuyen dentro de su rango de variación. Comúnmente el histograma se obtiene a partir de la tabla de frecuencias. Para obtener esta, primero se divide el rango de variación de los datos en cierta cantidad de intervalos que cubren todo el rango, y después se determina cuantos datos caen en cada intervalo. Se recomienda que el número de intervalos o clases sea de 5 a 15. Para decidir un valor entre este rango existen varios criterios; por ejemplo, uno de ellos dice que el número de clases debe ser aproximadamente igual a la raíz cuadrada del número de datos. Otro criterio, conocido como la regla de *Sturges*, señala que el número de clases es igual a $1 + 3.3 \cdot [\log_{10} (\text{número de datos})]$.

Interpretación del histograma

Cuando un histograma se construye de manera correcta, es resultado de un número suficiente de datos (de preferencia más de 100), y estos son representativos del estado del proceso durante el periodo de interés; entonces, se recomienda considerar los siguientes puntos en la interpretación del histograma.

1. Observar la tendencia central de los datos. Localizar en el eje horizontal o escala de medición las barras con mayores frecuencias.
2. Estudiar el centrado del proceso. Para ello, es necesario observar la posición central del cuerpo del histograma con respecto a la calidad óptima y a las especificaciones. Cuando se cumplan las especificaciones, si el proceso no está centrado, la calidad que se produce no es adecuada, ya que entre más se

aleje del óptimo más mala calidad se tendrá. Por ello, en caso de tener un proceso descentrado se procede a realizar los ajustes o cambios necesarios para centrar el proceso.

3. Examinar la variabilidad del proceso. Consiste en comparar la amplitud de las especificaciones con el ancho del histograma. Para considerar que la dispersión no es demasiada, el ancho del histograma debe caber de forma acomodada en las especificaciones.

4. Analizar la forma del histograma. Al observar un histograma considerar que la forma de distribución de campana es la que más se da en salidas de proceso y tiene características similares a la distribución normal. Es frecuente que cuando la distribución no es de este tipo, sea la señal de un hecho importante que está ocurriendo en el proceso y que tiene un efecto negativo en la calidad. Por ello, es necesario revisar si la forma del histograma es muy diferente a la de campana. Algunas de las formas típicas que no coinciden con una distribución de campana son: Distribuciones Sesgadas, Multimodal, Muy Plana, Con Acantilados

5. Datos raros o atípicos. Una pequeña cantidad de mediciones muy extremas o atípicas son identificadas con facilidad mediante un histograma, debido a que aparecen una o más barras pequeñas bastante separadas o aisladas del resto. Un dato raro refleja una situación especial que se debe investigar, y entre las posibles causas están las siguientes:

- El dato es incorrecto, ya sea por error de medición, de registro o de “dedo” cuando fue introducido a la computadora.
- La medición fue realizada sobre un artículo o individuo que no forma parte del proceso o población a la que pertenece el resto.
- Si han sido descartadas las dos situaciones anteriores, entonces la medición se debe a un evento raro o especial. Es decir, cuando se hizo la medición, en el proceso estaba ocurriendo una situación especial o fuera de lo común.

6. Estratificar. En ocasiones, en el histograma no se observa ninguna forma particular pero existe mucha variación y, en consecuencia, la capacidad del proceso es baja. Cuando los datos proceden de distintas máquinas, proveedores, lotes, turnos u operadores, puede encontrarse información valiosa si se hace un histograma por cada fuente (estratificar), con lo que se podrá determinar cuál es la maquina o el proveedor más problemático.

De acuerdo con los puntos anteriores, es recomendable que siempre que se realice un estudio de la salida de un proceso se utilice el histograma y este se interprete a detalle. De esa manera será posible detectar situaciones problemáticas y posibles soluciones para las mismas. Además, será una forma concreta de que los datos y mediciones sobre los procesos, que en ocasiones abundan, se conviertan en información útil para la toma de decisiones y acciones. Será necesario tener la precaución de que el histograma se haya obtenido de manera correcta, sobre todo en lo referente al número de clases y a la cantidad de datos. (pp 23 – 28)

Diferenciar las causas comunes y especiales de variación, aprender a interpretar las cartas de control, las causas de la inestabilidad y conocer el índice de inestabilidad de un proceso, y otras, define Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, a las cartas de control (ya sea por Variable o por atributo), la cual señala:

8. Cartas de Control

El objetivo principal de éstas, es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Así, es posible distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y decidir las mejores acciones de control y de mejora. Cuando se habla de analizar el proceso nos referimos principalmente a las variables de salida (características de calidad), pero las cartas de control también pueden aplicarse para analizar la variabilidad de variables de entrada o de control del proceso mismo.

En resumen, se especializan en estudiar la variabilidad del proceso (desde la entrada hasta la salida) a través del tiempo, dividiéndose en Variables Continuas,

como son el Promedio de Datos, Su Rango, Su desviación estándar y de Atributos (Defectos, unidades defectuosas).

Para continuar con el estudio de Cartas de Control es necesario tener determinado los tipos de Causas de Variaciones en los procesos.

8.1. Causas Comunes y Especiales de Variación

Los procesos siempre tienen variación, ya que en él intervienen diferentes factores sintetizados a través de las 6 M: materiales, maquinaria, medición, mano de obra, métodos y medio ambiente. Bajo condiciones normales o comunes de trabajo, todas las M's aportan variación a las variables de salida del proceso, en forma natural o inherente, pero además aportan variaciones especiales o fuera de lo común, ya que a través del tiempo las 6 M son susceptibles de cambios, desajustes, desgastes, errores, descuidos, fallas, etc.

La variación por causas comunes (o por azar) es aquella que permanece día a día, lote a lote; y es aportada de forma natural por las condiciones de las 6 M. Es inseparable a las actuales características del proceso y es resultado de la acumulación y combinación de diferentes causas que son difíciles de identificar y eliminar, ya que son inherentes al sistema y la contribución individual de cada causa es pequeña; no obstante, a largo plazo representan la mayor oportunidad de mejora.

La variación por causas especiales (o atribuibles) es causada por situaciones o circunstancias especiales que no están de manera permanente en el proceso. Por ejemplo, la falla ocasionada por el mal funcionamiento de una pieza de la máquina, el empleo de materiales no habituales o el descuido no frecuente de un operario. Las causas especiales, por su naturaleza relativamente discreta, a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones para ello.

Cuando un proceso trabaja sólo con causas comunes de variación se dice que está en control estadístico o es estable, porque su variación a través del tiempo es predecible. Además, independientemente de que su variabilidad sea mucha o poca, el desempeño del proceso es predecible en el futuro inmediato, en el sentido

de que su tendencia central y la amplitud de su variación se mantienen sin cambios al menos en el corto plazo. En contraste, se dice que un proceso en el que están presentes causas especiales de variación está fuera de control estadístico (o simplemente que es inestable); este tipo de procesos son impredecibles en el futuro inmediato pues en cualquier momento pueden aparecer de nuevo las situaciones que tienen un efecto especial sobre la tendencia central o sobre la variabilidad.

No distinguir entre estos dos tipos de variabilidad conduce a cometer dos errores en la actuación de los procesos:

- *Error tipo 1*: reaccionar ante un cambio o variación (efecto o problema) como si proviniera de una causa especial, cuando en realidad surge de algo más profundo en el proceso, como son las causas comunes de variación.
- *Error tipo 2*: tratar un efecto o cambio como si procediera de causas comunes de variación, cuando en realidad se debe a una causa especial.

8.2. Carta de Control por Variables

Son claves para mejorar los procesos, a través de tres actividades básicas:

- Estabilizar los procesos (lograr control estadístico) mediante la identificación y eliminación de causas especiales.
- Mejorar el proceso mismo, reduciendo la variación debida a causas comunes.
- Monitorear el proceso para asegurar que las mejoras se mantienen y para detectar oportunidades adicionales de mejora.

Agregando definiciones que son proporcionadas por Evans & Lindsay, 2008, define a datos variables como:

Los Datos Variables son aquéllos que se miden con base en una escala continua, como longitud, peso, tiempo, distancia, volumen, voltaje, longitud, resistencia, temperatura, humedad, etc. Las gráficas que se utilizan con mayor frecuencia para

los datos de variable son la gráfica X y la gráfica R (gráfica de rangos). La primera se usa para el seguimiento del centrado del proceso, la otra se utiliza para el seguimiento de la variación en el proceso. (p 718)

Continuando con definiciones de Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, menciona:

El rango se emplea como una medida de la variación simplemente por conveniencia, sobre todo cuando los trabajadores en el área del trabajo realizan a mano los cálculos de la gráfica de control. Para muestras grandes y cuando los datos se analizan mediante un programa de computadora, la desviación estándar es una mejor medida de la variabilidad.

Para cada Carta que se requiera utilizar, siempre poseerá Límites de Control, estas no son especificaciones, tolerancias ni deseos para el proceso, sino que son las variaciones máximas y mínimas de datos que son visualizadas en la respectiva Carta. El motivo de éstas, es establecer límites para cubrir cierto porcentaje de la variación natural del proceso, pero se debe tener cuidado de que tal porcentaje sea el adecuado, ya que si es demasiado alto los límites serán muy amplios y será más difícil detectar los cambios en el proceso; mientras que si el porcentaje es pequeño, los límites serán demasiado estrechos y con ello se incrementará el error tipo 1. Para el cálculo de los respectivos límites se apoya de factores para calcular líneas centrales y límites de control 3σ para graficas de X, S y R, la cual se encuentran ya establecidas.

Las cartas para variables tipo Shewhart más usuales son:

- X (de medias).
- R (de rangos).
- S (de desviaciones estándar).
- X (de medidas individuales).

Según Besterfield, 2009, que para emplear las Cartas de Control se conocer la cantidad de muestras que se tomaran para realizarlas, a continuación se detalla:

Selección de la Característica de Calidad, escoger el subgrupo Racional, que para tener una idea de la cantidad de muestreo necesario se basa en la tabla siguiente, obtenida de la Norma ANSI/ASQ Z1.9-1993:

Tamaño de Lote	Tamaño de Muestra
91 - 150	10
151 - 280	15
281 - 400	20
401 - 500	25
501 - 1200	35
1201 - 3200	50
3201 - 10000	75
10001 - 35000	100
35001 - 150000	150

(p 190).

8.2.1. Cartas de Control \bar{X} y R

Diagramas para variables que se aplican a procesos masivos (sentido de que producen muchos artículos, partes o componentes durante un lapso de tiempo pequeño), en donde en forma periódica se obtiene un subgrupo de productos, se miden y se calcula la media y el rango R para registrarlos en la carta correspondiente. Para el respectivo Cálculo, se emplearan las siguientes Ecuaciones:

Para Calcular la Media de las Medias:

Para calcular el Rango:

8.2.2. Cartas de Control \bar{X} y S

Diagrama para variables que se aplican a procesos masivos, en los que se quiere tener una mayor potencia para detectar pequeños cambios. Por lo general, el tamaño de los subgrupos es $n > 10$.

Para calcular la Media de las Medias:

Para calcular la Desviación Estándar

8.2.3. Carta de individuales

Es un diagrama para variables de tipo continuo que se aplica a procesos lentos y/o donde hay un espacio largo de tiempo entre una medición y la siguiente.

Para calcular la Media de las Medias:

Para calcular el Rango:

Siempre en apoyo de Evans & Lindsay, 2008, afirma que:

8.3. *Cartas de Control por Atributos*

Estas graficas son utilizadas cuando no es posible hacer mediciones, como los elementos que se inspeccionan visualmente como color, partes faltantes, rayaduras o daños; o también cuando se pueden hacer mediciones, pero no se hacen debido al tiempo, costo y necesidad. (p 316)

Continuando con la información proporcionada de la metodología 6sigma contenida en el Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, menciona:

Tipos de Cartas de Atributos

Hay dos grupos diferentes de graficas o cartas de control por atributos. Uno es para unidades no conforme, el cual se encuentra la gráfica de proporción p muestra la proporción de no conformes en una muestra o subgrupo, es ampliamente usada para evaluar el desempeño de una parte o todo un proceso, tomando en cuenta su variabilidad con el propósito de detectar causas o cambios especiales. La proporción se expresa como fracción o como porcentaje. De igual modo, se podrían tener graficas de proporción de conformes, y también se podrían expresar como fracción o porcentaje.

Siempre en el mismo grupo, se encuentra la carta para el número o cantidad de no conformes, una gráfica np , que también se podría expresar como número de conformes.

El otro grupo de cartas es para no conformidades, una gráfica c muestra la cuenta de no conformidades en una unidad inspeccionada, es decir cuando el tamaño del subgrupo o la muestra equivale a una unidad ($n=1$). Otra grafica estrechamente relacionada es la gráfica u , que es para la cuenta de no conformidades por unidad.

Todo lo antes mencionado se sintetiza en la siguiente tabla:

Tamaño de la muestra	Unidades no Conformes	No Conformidades
Constante	np	$C (n=1)$
Constante o Variable	p	U

Carta p (Proporción de Defectuosos)

La fracción de no conformes es la proporción de la cantidad de no conformes en una muestra o subgrupo, entre la cantidad total en la muestra o subgrupo, resumiendo con la ecuación siguiente:

Donde la Fracción de Defectuosos o no conformes media, además de ser la Línea Central para una muestra o cantidad inspeccionada *constante* o *Variable*

Con los respectivos Límites de Control:

Ecuaciones de la Carta para una cantidad inspeccionada *Variable*. Para los Límites de Control se obtiene de la misma manera de la ecuación de la constante, con la diferencia de que el valor de n es con respecto a la cantidad inspeccionada de ese subgrupo.

Carta np (número de defectuosos o no conformes)

Es más fácil de comprender para el personal de operación, que la gráfica p , la única condición que debe cumplir para la aplicación es que el número de unidades inspeccionadas o subgrupos sea constante, Ecuaciones para la aplicación de esta carta:

Para la estimación de la media de número de no conformes, se apoya de la fracción de conformes, la cual se obtiene con la ecuación anterior, donde n es la cantidad de muestra constante.

Los límites de control de esta carta son:

Carta C (número de defectos)

Como antes se mencionó la condición de la aplicación de esta Carta es que el tamaño de la muestra o subgrupo sea equivalente a una unidad, es decir, inspeccionar una sola unidad. Ecuaciones para la aplicación:

La estimación media de la Cuenta de no Conformidades está dada a partir de la razón Total de defectos con Total de Subgrupos (Unidades inspeccionadas):

Donde los límites de control que acompañan a la Línea Central (ecuación anterior) se obtienen de la siguiente manera:

Carta u (número de defectos por unidad)

En esta carta, se analiza la variación del número promedio de defectos por artículo o unidad, en lugar del total de defectos en el subgrupo. Sus respectivas ecuaciones:

Indica la fracción de defectos o no conformidades que existe en una cierta cantidad inspeccionada.

Para obtener la Línea Central que a su vez es la media de la carta, parte de la cantidad total de defectos entre total de artículos inspeccionados:

Con sus límites de control que se obtiene aplicando la siguiente igualdad:

(pp 184 – 238)

Según Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, las técnicas anteriores no sólo son útiles para evaluar la capacidad sino que se usan en muchos campos de aplicación de la estadística, debido a esto, agrega los Índices de Capacidad, mediciones especializadas que sirven para evaluar de manera práctica la habilidad de los procesos para cumplir con las especificaciones, a continuación detalla:

9. Índices de Capacidad para Procesos con Doble Especificación

Los procesos tienen variables de salida o de respuesta, las cuales deben cumplir con ciertas especificaciones a fin de considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria. Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural de éste para una característica de calidad dada, lo cual permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).

En esta sección se supone que se tiene una característica de calidad de un producto o variable de salida de un proceso, del tipo valor nominal es mejor, en

donde, para considerar que hay calidad las mediciones deben ser iguales a cierto valor nominal o ideal (N), o al menos tienen que estar con holgura dentro de las especificaciones inferior (EI) y superior (ES).

9.1. Índice Cp.

Es el indicador de la capacidad potencial del proceso que resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso.

El índice de capacidad potencial del proceso, Cp., se define de la siguiente manera:

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Como se puede observar, el índice Cp. compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste:

Decimos que 6σ (seis veces la desviación estándar) es la variación real, debido a las propiedades de la distribución normal, en donde se afirma que entre $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra 99.73% de los valores de una variable con distribución normal. Incluso si no hay normalidad, en $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra un gran porcentaje de la distribución debido a la desigualdad de Chebyshev y a la regla empírica.

Para que el proceso sea considerado potencialmente capaz de cumplir con especificaciones, se requiere que la variación real (natural) siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que lo deseable es que el índice Cp. sea mayor que 1; y si el valor del índice Cp. es menor que uno, es una evidencia de que el proceso no cumple con las especificaciones. Para una mayor precisión en la interpretación en la tabla 5.1 se presentan cinco categorías de procesos que dependen del valor del índice Cp., suponiendo que el proceso está centrado. Ahí se ve que el Cp. debe ser mayor que 1.33, o que 1.50 si se quiere tener un

proceso bueno; pero debe ser mayor o igual que dos si se quiere tener un proceso de clase mundial (calidad Seis Sigma). Además, en la tabla 5.2 se representó el valor del índice en el porcentaje de artículos que no cumplirían especificaciones, así como en la cantidad de artículos o partes defectuosas por cada millón producido (PPM).

Valores del C_p y su Interpretación

Valor del Índice C_p	Clase o Categoría del Proceso	Decisión(Si el Proceso está Centrado)
$C_p \geq 2$	Clase Mundial	Se tiene Calidad Seis Sigma
$C_p > 1.33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy Serias

Índices C_p , C_{pi} y C_{ps} en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación

Valor del Índice (Corto Plazo)	Proceso de Doble Especificación (Índice C_p)	Con referencia a una sola Especificación (C_{pi}, C_{ps}, C_{pk})
-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	% Fuera de las dos Especificaciones	Partes por Millón fuera (PPM)	% Fuera de una Especificación	Partes por Millón fuera (PPM)
0.2	54.8506%	548,506.13	27.4253%	274,253.065
0.3	36.8120%	368,120.183	18.4060%	184,060.092
0.4	23.0139%	230,139.463	11.5070%	115,069.732
0.5	13.3614%	133,614.458	6.6807%	66,807.229
0.6	7.1861%	71,860.531	3.5930%	35,930.266
0.7	3.5729%	35,728.715	1.7864%	17,864.357
0.8	1.6395%	16,395.058	0.8198%	8,197.529
0.9	0.6934%	69,34.046	0.3467%	3,467.023
1.0	0.2700%	2,699.9	0.1350%	1,350.0
1.1	0.09670%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.34	0.0000%	0.17
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2.0	0.0000%	0.0	0.0000%	0.0

9.2. Índice Cr.

Un índice menos conocido que el Cp., es el que se conoce como Razón de Capacidad Potencial, es el que divide la amplitud de la variación natural de éste entre la variación tolerada. Representa la proporción de la banda de especificaciones que es cubierta por el proceso.

Como se puede apreciar, el índice Cr es el inverso del Cp., ya que compara la variación real frente a la variación tolerada. Con este índice se pretende que el numerador sea menor que el denominador, es decir, lo deseable son valores de Cr pequeños (menores que 1). La ventaja del índice Cr sobre el Cp. es que su interpretación es un poco más intuitiva, a saber: el valor del índice Cr representa la proporción de la banda de especificaciones que es ocupada por el proceso.

9.3. Índices Cpi, Cps, Cpk.

La desventaja de los índices Cp. y Cr. es que no toman en cuenta el centrado del proceso, debido a que en las fórmulas para calcularlos no se incluye de ninguna manera la media del proceso, μ . Una forma de corregir esto consiste en evaluar por separado el cumplimiento de la especificación inferior y superior, a través del índice de capacidad para la especificación inferior, Cpi, y índice de capacidad para la especificación superior, Cps.

Cpi es el indicador de la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación

Inferior de una característica de calidad, mientras Cps es con respecto a la especificación superior, se calculan

Estos índices sí toman en cuenta μ , al calcular la distancia de la media del proceso a una de las especificaciones. Esta distancia representa la variación tolerada para el proceso de un solo lado de la media. Por esto sólo se divide entre 3σ porque sólo se está tomando en cuenta la mitad de la variación natural del proceso. Para interpretar los índices unilaterales es de utilidad la tabla 5.1; no obstante, para considerar que el proceso es adecuado, el valor de Cpi o Cps debe ser mayor que 1.25, en lugar de 1.33. La tabla 5.2 también ayuda a interpretar los valores de estos índices unilaterales en términos del porcentaje de los productos que no cumplen con especificaciones.

Cpk es el indicador de la capacidad real de un proceso que se puede ver como un ajuste del índice Cp. para tomar en cuenta el centrado del proceso. Se conoce como Índice de Capacidad Real del Proceso, es considerado una versión corregida del Cp. que sí toma en cuenta el centrado del proceso. Existen varias formas equivalentes para calcularlo, una de las más comunes es la siguiente:

Como se aprecia, el índice Cpk es igual al valor más pequeño de entre Cpi y Cps, es decir, es igual al índice unilateral más pequeño, por lo que si el valor del índice

Cpk es satisfactorio (mayor que 1.25), eso indica que el proceso en realidad es capaz. Si $Cpk < 1$, entonces el proceso no cumple con por lo menos una de las especificaciones. Algunos elementos adicionales para la interpretación del índice Cpk son los siguientes:

- El índice Cpk siempre va a ser menor o igual que el índice Cp. Cuando son muy próximos, eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.
- Si el valor del índice Cpk es mucho más pequeño que el Cp, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. De esa manera, el índice Cpk estará indicando la capacidad real del proceso, y si se corrige el problema de descentrado se alcanzará la capacidad potencial indicada por el índice Cp.
- Cuando el valor del índice Cpk sea mayor a 1.25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que $Cpk > 1.45$.
- Es posible tener valores del índice Cpk iguales a cero o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

9.4. Índice K

Un aspecto importante en el estudio de la capacidad de un proceso es evaluar si la distribución de la característica de calidad está centrada con respecto a las especificaciones, por ello es útil calcular el índice de centrado del proceso, K

Como se aprecia, este indicador mide la diferencia entre la media del proceso, μ , y el valor objetivo o nominal, N (target), para la correspondiente característica de calidad; y compara esta diferencia con la mitad de la amplitud de las especificaciones. Multiplicar por 100 ayuda a tener una medida porcentual. La interpretación usual de los valores de K es como sigue:

- Si el signo del valor de K es positivo significa que la media del proceso es mayor al valor nominal y será negativo cuando $\mu < N$.
- Valores de K menores a 20% en términos absolutos se consideran aceptables, pero a medida que el valor absoluto de K sea más grande que 20%, indica un proceso muy descentrado, lo cual contribuye de manera significativa a que la capacidad del proceso para cumplir especificaciones sea baja.
- El valor nominal, N, es la calidad objetivo y óptima; cualquier desviación con respecto a este valor lleva un detrimento en la calidad. Por ello, cuando un proceso esté descentrado de manera significativa se deben hacer esfuerzos serios para centrarlo, lo que por lo regular es más fácil que disminuir la variabilidad.

9.5. Índice Cpm (Índice de Taguchi)

Los índices Cp y Cpk están pensados a partir de lo importante que es reducir la variabilidad de un proceso para cumplir con las especificaciones. Sin embargo, desde el punto de vista de G. Taguchi, cumplir con especificaciones no es sinónimo de buena calidad y la reducción de la variabilidad debe darse en torno al valor nominal (calidad óptima). Es decir, la mejora de un proceso según Taguchi debe estar orientada a reducir su variabilidad alrededor del valor nominal, N, y no sólo para cumplir con especificaciones. En consecuencia, Taguchi (1986) propone que la capacidad del proceso se mida con el índice Cpm (en forma simultánea, toma en cuenta el centrado y la variabilidad del proceso).

Donde τ (tau) está dada por:

y N es el valor nominal de la característica de calidad; EI y ES son las especificaciones inferior y superior. El valor de N por lo general es igual al punto medio de las especificaciones, es decir, $N = 0.5(ES + EI)$. Nótese que el índice Cpm compara el ancho de las especificaciones con 6τ ; pero τ no sólo toma en cuenta la variabilidad del proceso, a través de σ^2 , sino que también toma en cuenta

su centrado a través de $(\mu - N)^2$. De esta forma, si el proceso está centrado, es decir, si $\mu = N$, entonces Cp, Cpk y Cpm son iguales.

Cuando el índice Cpm es menor que uno significa que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad. Por el contrario, cuando el índice Cpm es mayor que uno, eso quiere decir que el proceso cumple con especificaciones, y en particular que la media del proceso está dentro de la tercera parte central de la banda de las especificaciones. Si Cpm es mayor que 1.33, entonces el proceso cumple con especificaciones, pero además la media del proceso está dentro de la quinta parte central del rango de especificaciones.

(pp 100 – 107).

El Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009 señala los diferentes metodos de muestreo, aplicados en cualquier relacion cliente – proveedor, la cual, se consideran una medida defensiva para protegerse contra la amenaza del posible deterioro en la calidad de un bien o servicio. Define como:

10. Muestreo de Aceptación

Proceso de inspección de una muestra de unidades de un lote con el propósito de aceptar o rechazar todo el lote.

Una situación típica del muestreo de aceptación es la siguiente: una compañía recibe un lote de materiales o componentes de cierto proveedor, se selecciona una muestra de artículos del lote y se inspeccionan de acuerdo con ciertos criterios de calidad. Con base en la información obtenida con la inspección se tomará una decisión: aceptar o rechazar todo el lote. Si los lotes son aceptados pasan directamente a ser utilizados, pero si el lote es rechazado, entonces es devuelto al proveedor o podría estar sujeto a alguna otra disposición (por ejemplo, inspección de todos los productos del lote —inspección al 100%— pagada por el proveedor). Si los criterios de calidad con los que se inspecciona son variables de atributos del tipo pasa no pasa, entonces un plan simple de muestreo de aceptación está

definido por un tamaño de lote, N , un tamaño de muestra, n , y el número de aceptación, c . Por ejemplo el plan:

$$N = 6\,000, n = 200 \text{ y } c = 2$$

Significa que de un lote de 6 000 unidades se seleccionan e inspeccionan 200; y si entre éstas se encuentran dos o menos piezas defectuosas, entonces el lote completo es aceptado. Pero si aparecen tres o más piezas defectuosas el lote es rechazado.

Se debe tener claro que el muestreo de aceptación es una forma particular de inspección, en la que simplemente se aceptan y rechazan lotes, pero no mejora la calidad.

Cuando se pretende enjuiciar un lote se tienen tres alternativas: inspección al 100%, cero inspecciones o muestreo de aceptación. Esta última es una decisión intermedia entre las otras dos alternativas opuestas, y a veces resulta la más económica a nivel global. A continuación explicamos cuándo se aplica cada una de ellas.

1. Cero Inspección: es cuando se acepta o envía un lote sin ninguna inspección
2. Inspección al 100%: Consiste en revisar todos los artículos del lote para quitar aquellos que no cumplen con las especificaciones establecidas.
3. Muestreo de Aceptación (Inspección por muestras): es útil cuando se tienen una o varias de las siguientes situaciones:
 - a. Cuando la inspección se realiza con pruebas destructivas.
 - b. Cuando el costo de inspección al 100% es demasiado alto en comparación con el costo de pasar unidades defectuosas.
 - c. En casos que la inspección al 100% es imposible en términos técnicos o económicos.
 - d. Cuando el lote está formado por la gran cantidad de artículos que se debe inspeccionar.

10.1. Tipos de Planes de Muestreo

Un primer nivel de clasificación de los planes de muestreo de aceptación está en función del tipo de característica de calidad bajo análisis, que puede ser de atributos o por variables continuas. En los *planes por variables* se toma una muestra aleatoria del lote y a cada unidad se le mide una característica de calidad de tipo continuo (longitud, peso, etc.). Con las mediciones se calcula un estadístico que por lo general está en función de la media, la desviación estándar muestral y las especificaciones, y al comparar el valor de tal estadístico frente a un valor de tablas, se aceptará o rechazará todo el lote.

En los *planes por atributos* se extrae de manera aleatoria una o más muestras de un lote y cada pieza de la muestra es clasificada de acuerdo con ciertos atributos como aceptable o defectuosa; la cantidad de piezas defectuosas es usada para decidir si el lote es aceptado o no.

En general, los planes más usuales son los de atributos, a pesar de que con los planes por variables se requiere un menor tamaño de muestra para lograr los mismos niveles de seguridad

10.2. Muestreo por Atributos: Simple, Doble, Múltiple

Los planes por atributos se clasifican de acuerdo con el número de muestras que se toman para llegar a una decisión.

En el Plan de Muestreo Simple (n , c) se toma una muestra de tamaño n , y si en ésta se encuentra c o menos unidades defectuosas, el lote es aceptado, o en otro caso es rechazado.

En el Plan de Muestreo Doble se pueden tomar hasta dos muestras para tomar la decisión de aceptar o no. La idea es tomar una primera muestra de tamaño más pequeño que el plan simple para detectar los lotes que son muy buenos o los que son muy malos. En los casos que con la primera muestra no se puede decidir, entonces se toma la segunda muestra para llegar a una conclusión definitiva.

Por ejemplo, un plan doble de la forma $N = 3\ 000$, $n_1 = 80$, $c_1 = 1$, $n_2 = 80$, $c_2 = 4$; significa que:

N = tamaño de lote

n_1 = tamaño de la primera muestra

c_1 = número de aceptación para la primera muestra

n_2 = tamaño de la segunda muestra

c_2 = número de aceptación para las dos muestras

Por lo tanto, del lote de 3 000 piezas se toma una muestra inicial de 80 y, con base en la información aportada por esta primera muestra, se toma una de las siguientes tres decisiones:

- Aceptar el lote cuando la cantidad de unidades defectuosas sea menor o igual que $c_1 = 1$.
- Rechazar el lote cuando el número de piezas defectuosas sea mayor que $c_2 = 4$.
- Tomar una segunda muestra de $n_2 = 80$ unidades cuando no ocurra ninguno de los dos casos anteriores. Si la cantidad de unidades defectuosas en las dos muestras es menor o igual que $c_2 = 4$, el lote es aceptado; pero si es mayor, el lote es rechazado.

El Plan de Muestreo Múltiple es una extensión del concepto del muestreo doble, donde se toma una muestra inicial considerablemente más pequeña que el plan simple, y si con ella ya se tiene evidencia suficiente para sentenciar el lote la decisión que proceda se toma en consecuencia, de lo contrario se toma una segunda muestra y se intenta decidir; pero si esto todavía no es posible se continúa con el proceso hasta tomar la decisión de aceptar o rechazar el lote en la última muestra considerando todos los defectuosos encontrados.

Con los planes de muestreo doble y múltiple por lo general se requiere menos inspección que con el simple, pero es más difícil administrarlos. En cuanto a seguridad, pueden ser diseñados de modo que produzcan resultados equivalentes.

10.3. Formación del lote y selección de la muestra

La formación de un lote influye en la eficacia del plan de muestreo de aceptación, por lo que se sugiere atender las siguientes recomendaciones para formar los lotes que serán sometidos a un plan de inspección:

- I. Los lotes deben ser homogéneos. Las unidades que forman un lote en particular deben haber sido fabricadas en condiciones similares en cuanto a máquinas, operadores, materia prima, tiempo (fechas), etc. Cuando el lote se forma mezclando unidades de diferentes fuentes, la variación dentro del lote aumenta y el muestreo de aceptación pierde efectividad. Además, la existencia de lotes no homogéneos hace más difícil identificar las causas de los problemas de calidad y con ello será más complicado tomar acciones correctivas para eliminar las causas.
- II. Los lotes deben ser formados de manera que no compliquen su manejo durante la inspección.
- III. Los lotes deben ser tan grandes como sea posible. Esto debido a que en los lotes grandes es necesario inspeccionar, de manera proporcional, menos que en los lotes pequeños; además, los planes que resultan de tamaños de lotes grandes tienen mayor poder para detectar los lotes de mala calidad.

10.4. Selección de la Muestra

Todos los planes de muestreo de aceptación basan su funcionamiento en que las unidades seleccionadas para la inspección son representativas de todo el lote. De aquí que la selección de las unidades que forman la muestra debe hacerse aplicando un método de muestreo aleatorio, si se aplica el método de muestreo aleatorio simple, entonces se asigna un número a cada uno de los N artículos del lote, y al azar se seleccionan n de estos números para determinar qué artículos del lote constituyen la muestra. Para la selección de los números es posible recurrir a una tabla de números aleatorios o a un software estadístico; por ejemplo, en Excel se puede utilizar n veces la función `=ALEATORIO.ENTRE (1, N)`.

Cuando es difícil numerar, el número seleccionado puede usarse para determinar en qué zona está el artículo a seleccionar. Por ejemplo, el número 482 puede ser la representación de una unidad localizada sobre un cuarto nivel, octava fila y segunda columna.

10.5. Índices para los Planes de Muestreo de Aceptación

En una relación cliente-proveedor en la que existe un plan de muestreo de aceptación de por medio hay dos intereses: por un lado, el proveedor quiere que todos los lotes que cumplen con un nivel de calidad aceptable sean aprobados; y por el otro, el cliente desea que todos los lotes que no tienen un nivel de calidad aceptable sean rechazados. Por desgracia, no es posible satisfacer de manera simultánea ambos intereses mediante un plan de muestreo de aceptación. Ante esta situación, lo que se hace para atender de manera parcial ambos intereses es diseñar planes de muestreo que tengan una alta probabilidad de aceptar lotes “buenos” y una baja probabilidad de aceptar lotes “malos”.

El punto de partida para esto es definir índices que establezcan, para una situación específica, lo que se considerará como calidad aceptable, intermedia y no aceptable, con sus correspondientes probabilidades de aceptación. Esto se explica a continuación:

Nivel de calidad aceptable, *NCA* o *AQL* (Acceptancing Quality Level). Se define como el porcentaje máximo de unidades que no cumplen con la calidad especificada, que para propósitos de inspección por muestreo se considera como satisfactorio o aceptable como un promedio para el proceso (al *NCA* también se le conoce como nivel de calidad del productor). De acuerdo con lo anterior, si un lote tiene un nivel de calidad igual al *NCA*, entonces la probabilidad de aceptarlo debe ser alta (0.90, 0.95), y a esa probabilidad se le designa con $1-\alpha$. Nótese que la probabilidad de aceptar lotes con un *NCA* no es igual a 1 y por lo tanto hay un riesgo de no aceptar lo que se considera un nivel de calidad satisfactorio. A este riesgo que tiene una probabilidad igual a α , por lo general pequeña (0.05, 0.10), se le conoce como Riesgo del Productor, el cual, es la probabilidad de rechazar lotes con un nivel de calidad aceptable.

Nivel de Calidad Límite, NCL o LQL (Limiting Quality Level). Es el nivel de calidad que se considera como no satisfactorio y que los lotes que tengan este tipo de calidad casi siempre deben ser rechazados. Si un lote tiene calidad igual al NCL entonces la probabilidad de aceptarlo debe ser muy baja (por lo general de 0.05, 0.10), y a esta probabilidad se le designa con la letra β (véase figura 12.9). Nótese que la probabilidad de aceptar lotes de calidad no satisfactoria (NCL) no es cero y, por lo tanto, hay un riesgo de no rechazar este tipo de lotes. A este riesgo, que tiene probabilidad igual a β , se le conoce como Riesgo del Consumidor, el cual, Es la probabilidad de aceptar lotes con calidad igual al NCL.

10.6. Military Standard 105E (MIL STD 105E)

Muestreo de Aceptación para Atributos. Se usa principalmente el nivel de calidad aceptable, NCA o AQL. Aunque la probabilidad de aceptar los lotes con calidad NCA siempre es alta (entre 0.89 y 0.99), pero no es la misma para todos los planes que se obtienen con esta norma. El estándar prevé 26 valores (porcentajes) diferentes para el NCA; 16 de ellos que van de 0.010 a 10%, están enfocados a porcentajes de defectuosos; y los otros 10, que van desde 15 hasta 1 000 defectos por cada 100 unidades, se enfocan a diseñar planes del tipo: defectos por unidad. Aunque para niveles pequeños de NCA, se pueden utilizar los mismos planes para controlar tanto la proporción de defectuosos como el número de defectos por unidad.

El estándar ofrece tres procedimientos de muestreo: muestreo simple, doble y múltiple. Para cada plan de muestreo se prevé: inspección normal, severa o reducida.

- ✓ La inspección normal es usada al iniciar una actividad de inspección.
- ✓ La inspección severa se establece cuando el vendedor ha tenido un mal comportamiento en cuanto a la calidad convenida. Los requisitos para la aceptación de los lotes bajo una inspección severa son más estrictos que en una inspección normal.
- ✓ La inspección reducida se aplica cuando el vendedor ha tenido un comportamiento bueno en cuanto a la calidad. El tamaño de muestra

utilizado es menor que en una inspección normal, por lo que el costo de inspección es menor.

Así, la idea de estos tres tipos de inspección es alentar al vendedor para mejorar su calidad o castigarlo si no lo hace. Un plan de muestreo inicia con el plan normal y el estándar proporciona reglas que señalan cuándo cambiar a inspección severa o a inspección reducida.

El estándar proporciona tres niveles generales de inspección: I, II, III. El nivel II es el más usual. El nivel I requiere cerca de la mitad de inspección que el nivel II y podría ser usado cuando pocos productos son rechazados. La diferencia entre usar algunos de estos niveles se da en el tamaño de muestra y, por lo tanto, en la capacidad del plan para rechazar una calidad peor que el NCA, ya que la curva CO del nivel de inspección III cae más rápido que la de los otros dos.

De manera adicional, el estándar proporciona cuatro niveles especiales de inspección, S1, S2, S3 y S4, que se aplican en las situaciones que requieren tamaños pequeños de muestra, por ejemplo, en pruebas destructivas y cuando es posible tomar riesgos altos de no rechazar niveles de calidad peores que el NCA.

Diseño de un esquema de muestreo con MIL STD 105E

Para obtener los planes de muestreo aplicando el MIL STD 105E se procede de acuerdo con los siguientes pasos:

1. Determinar el tamaño de lote.
2. Especificar el NCA (o AQL).
3. Escoger el nivel de inspección (usualmente el nivel II, que puede ser cambiado si la situación lo justifica).
4. Dada la información anterior, en la Tabla de la Mil Std 105E se encuentra la letra código correspondiente para el tamaño de muestra.
5. Determinar el tipo de plan de muestreo a ser usado (simple, doble o múltiple).
6. De acuerdo con la letra código y el NCA, en la tabla 12.7 se especifican los planes simples para inspección normal, en la tabla 12.8 el plan simple para inspección severa y en la tabla 12.9 el plan de inspección

reducida. El lector interesado en inspección doble y/o múltiple puede consultar el estándar de manera directa.

Reglas de Cambio

Los requisitos que establece el estándar para hacer cambios entre los tres tipos de inspección se enuncian a continuación:

- I. De Normal a Severa: Cuando se efectúa Inspección Normal y con esta se rechazan dos de cinco lotes consecutivos, entonces se aplica la Severa.
- II. De Severa a Normal: si al estar aplicando la severa se aceptan cinco lotes consecutivos, entonces se aplica la normal.
- III. De Normal a Reducida: para realizar este cambio se deben cumplir cuatro condiciones:
 - Diez lotes consecutivos han sido aceptados
 - El número total de defectuosos encontrados en los 10 lotes anteriores es menor o igual al número dado en la tabla
 - La producción es continua, esto es recientemente no han ocurrido problemas como maquinas descompuestas, escasez de material u otros contratiempos
 - Si la autoridad responsable del muestreo considera que es deseable una inspección reducida
- IV. De Reducida a Normal: Si en la actualidad se aplica inspección reducida y ocurre cualquiera de las cuatro condiciones siguientes:
 - Un lote o una serie de lotes son rechazados
 - La inspección del lote termina sin decisión, es decir, el número de defectuosos en el lote es mayor que Ac pero es menor que Re
 - Si la producción es irregular o retardada
 - Deseos del Cliente
- V. Interrupción de Inspección: en caso de que 10 lotes consecutivos continúen bajo inspección severa (o cualquier otro número que señale la autoridad responsable), de acuerdo con el estándar la inspección deberá ser suspendida en espera de que se mejore la calidad del material sometido a inspección.

Si las reglas de cambio son usadas de manera incorrecta, como consecuencia se tienen grandes fallas. Cuando esto sucede los resultados de la inspección son inefectivos y engañosos, además que aumentan el riesgo del consumidor. Debido a los dos puntos anteriores, en la práctica algunas veces sólo se emplea el plan normal y no se aplican las reglas de cambio.

10.7. *Military Standard 414 (MIL Std 414)*

Muestreo de Aceptación por Variables. El punto principal de este estándar es el nivel de calidad aceptable (NCA o AQL), y comprende porcentajes que van de 0.04 a 15%. El estándar tiene cinco niveles generales de inspección; al nivel IV se le considera el “usual”.

Para encontrar el tamaño de muestra también se utilizan letras código para el tamaño de ésta. Los tamaños muestrales están en función del tamaño de lote y del nivel de inspección. De acuerdo con la calidad del producto se prevé una inspección normal, severa y reducida. Todos los planes de muestreo y procedimientos en el estándar suponen que las características de calidad se distribuyen de manera normal.

Los planes de muestreo de aceptación pueden diseñarse considerando que la desviación estándar es conocida o desconocida, tanto para características de calidad con una o con doble especificación. En los casos con una especificación, el estándar contiene dos procedimientos (el k y el M) para estimar la proporción de unidades fuera de especificaciones. Mientras que, cuando se tiene doble especificación se utiliza el procedimiento 2 o método M , el cual ejemplificaremos porque es el que se aplica en ambos casos. Si la desviación estándar, σ , del lote o del proceso es conocida y estable, los planes resultantes son los más económicos y eficientes. Cuando σ es desconocida se puede utilizar la desviación estándar o el rango de la muestra. Sin embargo, el método del rango requiere una muestra más grande y no es muy recomendable.

El MIL STD 414 consta de cuatro secciones: la sección A es la descripción general de los planes de muestreo, incluyendo definiciones, códigos de letras para

tamaños muestrales y curvas CO para los diferentes planes de muestreo. La sección *B* proporciona varios planes de muestreo basados en la desviación estándar de la muestra para el caso en que σ es desconocida. La sección *C* presenta planes de muestreo basados en el rango de la muestra. La sección *D* proporciona planes de muestreo por variables para el caso en que la desviación estándar es conocida. A continuación se estudia el uso de la sección *B*.

Diseñar un plan MIL STD 414

1. Determinar el tamaño del lote.
2. Especificar el NCA (o AQL).
3. Escoger el nivel de inspección (usualmente el nivel IV, que puede ser cambiado si la situación lo justifica). En tanto mayor sea el nivel de inspección más estricto es el plan.
4. En la Tabla y de acuerdo con el tamaño de lote y el nivel de inspección, encontrar la letra código del tamaño de la muestra.
5. En la Tabla de acuerdo con la letra código y el NCA, se busca el plan simple para inspección normal, que consiste en un tamaño de muestra n , y del valor M , que es el porcentaje máximo de defectuosos tolerado en el lote.
6. En la misma tabla, partiendo de los NCA que están en la parte inferior, se encuentra el plan que se emplearía bajo inspección severa, con sus correspondientes valores para n y M .
7. Seleccionar de manera aleatoria una muestra de tamaño n , y a cada pieza de ésta se le mide la característica de calidad. Con los datos obtenidos calcular la media y la desviación estándar muestral, S .
8. De los siguientes dos índices, de acuerdo con el tipo de especificaciones que tenga la característica de calidad, calcular a uno o a ambos.

Para Especificación Superior e Inferior respectivamente.

9. Estimar la proporción de unidades defectuosas en el lote. Para ello, en la siguiente tabla, en la columna de *ZEI* y *ZES*, ubicar su

correspondiente valor y desplazarse por ese renglón hasta la columna del tamaño de muestra del plan de inspección, n . El valor que se localice en la intersección valor de Z y n , corresponde a la estimación del porcentaje de defectuosos del lote de lado inferior, p_i , o del lado superior, p_s , respectivamente.

10. Decisión de aceptación o rechazo:

- Para variables sólo con especificación inferior. Aceptar el lote si p_i es menor o igual al valor de M (encontrado en el paso 6). En caso contrario rechazarlo.
- Para variables sólo con especificación superior. Aceptar el lote si p_s es menor o igual que M . En caso contrario rechazarlo.
- Para variables con doble especificación. Aceptar el lote si la suma del porcentaje inferior más que el superior, $p = p_i + p_s$, es menor o igual a M . En caso contrario rechazar el lote.

(pp 320-364)

V. Flujo grama del proceso de fabricación de chinelas de hule en Rolter S.A.

1. Breve explicación de áreas con la herramienta de calidad que actualmente aplican.

Depósito de Materia Prima

Se descargan todas las materias primas que son transformadas en todo el proceso manufacturero.

- Muestreo de Aceptación por atributos

Dosificación

Se realizan 2 tipos de dosis, para producir plantilla y fajas.

- Carta de control X-R, con tamaño de subgrupo de 5 muestras para cada insumo y/o materia prima.

Preformado

Se mezclan todos los insumos en Bambury, se homogenizan en Molinos para obtener una preforma de plantilla y de fajas

- Cartas de control X-R, Check List. En ocasiones, diagrama ishikawa

Vulcanizado

Se “cocinan” las preformas de plantilla para obtener láminas más resistente, dura y que no sufra deformaciones. En el caso de fajas se introducen trozos pequeños previamente troquelados con moldes, para obtener la faja como tal.

- Paretograma, en ocasiones diagrama ishikawa.

Troquelado

Para lámina de plantilla, se colocan moldes de diferentes numeraciones y en apoyo al troquel se obtiene la plantilla lista para ensamblar. Para fajas, la preforma

VI. Diagnóstico de la aplicación de las herramientas de Calidad. Análisis y Planteamientos de Mejora

1. Recepción y Pesaje de Materiales

1.1. Diagnóstico

La materia prima es recibida por el encargado del almacén, ésta se verifica por medio de la factura del proveedor que lleva la descripción del producto, la cantidad y certificado de laboratorio. Posteriormente, ubican en el lugar correspondiente cada uno, garantizando que cada producto esté para su fácil manejo.

Una vez realizado este procedimiento para el caucho natural, se aplica la Tabla Militar Standard 105E, que provee, según el tamaño del lote recibido y a criterio propio de la empresa el nivel de inspección, el tamaño de la muestra que se utilizará para medir si la calidad es la que cumple con los estándares del producto que manufacturan.

El proceso de validación empieza cuando se quiere comprobar si las pruebas de laboratorio que envía el proveedor son conformes con los requerimientos de la empresa. Si se quiere validar el caucho natural, esta será dosificada con 19 elementos o insumos que previamente tuvieron un proceso similar de validación, para producir plantilla (17 insumos son para obtener la faja). Los casos que más se dan son los siguientes:

- Cuando se toma la primera muestra y esta es aceptada, y si encontramos la segunda muestra, aceptada y así sucesivamente con las demás, se llega a la conclusión que la nueva materia prima se comporta con lo requerido, quedando validada.
- Si la primera muestra resulta rechazada, y las demás muestras son aceptadas (o si a lo mucho sale una rechazada), se concluye que pudo

haber una falla o algún error en los diferentes procesos que se necesitan para validar y se acepta la materia prima.

- Si se da el caso de que las 3 primeras muestras se rechazan (formando un patrón), se toman otras muestras, saliendo estas también rechazadas, se llega a la conclusión de que todos los 18 insumos previamente validados se comportan de manera normal y que es la materia prima la que no cumple con los requerimientos.

Procedimiento de Validación del Caucho Natural.

1. Balance de Características de Materia Prima. Proveedor envía especificaciones técnicas acerca del producto, esta información es comparada con especificaciones que posee la empresa; este procedimiento no garantiza el pedido de Rolter. Si algún aspecto enviado por proveedor no cumple con lo estándar, se decidirá si se necesita mejorar las especificaciones o no según el resultado del comportamiento del material luego del vulcanizado.
2. Una vez realizado se procede a aplicar la Tabla Militar Std. 105^a, para la extracción de las barras de caucho según los cálculos antes descritos.
3. Se realiza dosificado con Insumos previamente validados, y se lleva a la parte de Molino para obtener la preforma. A simple observación en base a la experiencia adquirida, se realiza validación de dosificado y preformado según los aspectos que se notan como la homogeneidad de la preforma. Cabe resaltar que para la obtención de la preforma se agrega Material de reproceso (en ocasiones), que su motivo es reciclar y abaratar costos.
4. La preforma en el vulcanizado. Se realiza con un determinado tiempo, aproximadamente 300 segundos (o según el tiempo que el validador requiera para la evaluación), luego de este tiempo se traslada a la parte de enfriamiento la cual pasa aprox. 250 seg.

5. Luego del proceso anterior, se empiezan a tomar datos, como la longitud y largo (dimensiones), grosor en diferentes partes, dureza y descripción de aspectos o atributos.
6. Una vez realizado lo anterior, se realiza y extiende Control de Entrega de Material de Prueba (**anexo 1**), ficha que contiene todos los aspectos evaluados desde Recepción de Materia Prima hasta Vulcanizado, además de modificar los estándares con las especificaciones del proveedor (las que no cumplen).

Una situación de la aplicación de esta tabla es:

“Se han recepcionado 15,000 kg. de Caucho Natural, el cual, se necesita saber si esta materia prima presta las condiciones que se necesitan para producir una Chinela de Calidad. Tamaño del Lote es la cantidad antes descrita (tabla no especifica unidad de medida), si el proveedor es confiable o no, aplican siempre el Nivel de Inspección II y según la letra código, en este caso es M, se dirigen al tamaño de muestra que da como resultado 315 kg. Ahora para obtener las muestras, el resultado anterior lo dividen con 34 kg, que es el peso medio de cada barra de caucho natural, dando resultado la cantidad de barras a sacar aleatoriamente, que posteriormente serán cortadas para cumplir 13.40 kg en promedio, que se necesita para procesar hasta obtener el producto terminado, evaluando la calidad”.

Similar procedimientos se realiza con los demás materias primas que son recepcionadas. Se procede a ingresar los datos de compra junto con el formato de control entrega de material de pruebas.

1.2. Análisis

- *“La tabla militar std 105E es un estándar que provee planes de muestreo de aceptación por atributos basado en especificar un nivel de calidad*

acceptable"¹. La empresa utiliza esta tabla para calcular el tamaño de lote de aceptación de materia prima, pero toma como referencia la cantidad total en kilogramos de caucho recepcionadas, siendo esta una variable continua que no debe ser utilizada con esta tabla.

- El Nivel de Inspección que siempre emplea la empresa para la aplicación es II. Este nivel es el más usual, pero no prueban con los niveles I y III, ya que desconocen de información.
- No tienen determinado los tipos de inspección por Normal, Severa o Reducida, siendo esta información desconocida para ellos. Al desconocer esta información, la empresa como consumidor cataloga de forma definida, a todo proveedor como confiable en el desempeño de la calidad convenida, sin saber que se encuentra expuesta a que le envíen materia prima que no cumple estándares (además de poca o nada de la información).
- Cuando se tiene la cantidad de muestra, que da como resultado la aplicación de la tabla, ésta es dividida entre el peso en kilogramos de las barras de caucho, lo cual se obtiene la cantidad de barras a sacar aleatoriamente. Al realizar este procedimiento se fracciona la cantidad establecida para que se pueda aceptar el lote, disminuyendo la efectividad de la tabla.
- Luego de sacar aleatoriamente la cantidad de barras de caucho, de cada una se extrae 13.40 kg. Para continuar en el proceso y observar su comportamiento después del vulcanizado. Por simple cálculo matemático, la cantidad de muestras obtenidas de la tabla no equivaldría a la cantidad antes descrita de todas las barras que se extrajeron, avalando la mala aplicación de la información que proporciona la Militar Std.

¹ Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. p.340

- No tienen establecido un Nivel de Calidad Aceptable (NCA), la cual se define como: “El porcentaje máximo de unidades que no cumplen con la calidad especificada”², asegurando de que no aplican en totalidad la información que proporciona la Tabla Militar Std 105^a.

1.3. **Planteamientos de Mejora**

Sintetizando el análisis, no se encuentran aprovechando al máximo, la información que proporciona la aplicación de la tabla militar std. 105^a, debido a que no poseen un NCA para defectos mayores y otro para menores³, que indiquen la probabilidad de aceptar lotes. La empresa para continuar con el uso de este procedimiento de muestreo, necesita definirlos para luego tomar la decisión de aceptar o rechazar los lotes que son enviados por el proveedor.

La definición del tamaño del lote y de los niveles de inspección son factores principales en el momento de la aplicación de la militar. Con atributo definido (color, flexibilidad, % compuestos químicos existentes, etc.), las unidades de la materia prima que es enviada, es decir, tomando al caucho natural, el tamaño de lote sería la cantidad total de barras que se recepcionan, el nivel de inspección dependería de como se le atribuye al proveedor (confiable (I), medianamente confiable (II), poco confiable (III), a criterio propio). Una vez obtenido el tamaño de la muestra y los valores de aceptar (Ac) y rechazar (Re) un lote según NCA establecido, estas muestras tuvieran que realizarles pruebas de laboratorio (con el atributo definido) para proceder a su respectivo dictamen de aceptación/rechazo y no verificarlos mediante el comportamiento que tenga en los procesos posteriores.

Para la selección de la muestra, se tuviera que realizar en el momento del descargue del vehículo transportador, porque, la empresa, para fácil manejo de los materiales, los coloca en lotes que no son homogéneos, y se tomaría tiempo, recurso humano, para la distribución de todas las materias primas y así sacar las

2 Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. p.333

3 Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. p.340

muestras de los lotes conformados por la empresa, esta a su vez, es una limitante para la aplicación del muestreo de aceptación. Para eso se tiene preparar anticipadamente lo escrito en el párrafo anterior. El procedimiento para la toma de las muestras se apoyaría al método de muestreo aleatorio simple, asignándole a cada N barras un número, luego recurrir a una tabla de números aleatorios o la función de Microsoft Excel, =ALEATORIO.ENTRE (1, N) y según resultado obtenido, escoger la barra numerada.

La Aplicación de la Tabla Militar Standard 414 sería la idónea para un muestreo de aceptación a base de una variable que se haya definido con anticipación. En este tipo de planes se toma una muestra aleatoria del lote y a cada unidad de la muestra se le mide una característica de calidad de tipo Continuo⁴. Para la empresa sería una herramienta para corroborar si la cantidad de kilogramos distribuidos en N barras enviadas por el proveedor (Información presente en ficha técnica de laboratorio mandada), equivale a lo que han recepcionado.

Esta aplicación ayudaría al departamento de compras, ya que no estarían pagando por un lote de 15,000 kg y al recepcionar tengan una cantidad de kilogramos menor. Si se diera el caso, estarían pagando más por lo recibido.

La variable que se evaluaría en esta área productiva, será el peso de las barras, haciendo referencia al caucho natural.

Aplicación de la Tabla Militar Standard 414 (ejemplo)

Se han enviado 15,000 kg de caucho, distribuidos en 428 barras de 35 kg en promedio con una tolerancia de 1.5%. Los niveles de inspección están definidos de la siguiente manera (a criterio propio):

- Proveedor especial (I)
- Altamente confiable (II)
- Proveedor confiable (III)

⁴ Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. p.356

- Medianamente confiable (IV)
- Poco confiable (V)

En este caso, se utilizará IV, ya que es el usual.

N= 428, NCA = 1.0%, Letra código = I, n = 25, (Ver **anexo 2**)

Inspección normal, M = 2.86

Inspección severa, M = 2.00

<i>Íte m</i>	<i>Numero de Barra</i>	<i>Peso</i>	<i>Ítem</i>	<i>Numero de Barra</i>	<i>Peso</i>
1	2	34.94	14	173	35.72
2	4	35.54	15	188	35.55
3	6	35.36	16	203	34.18
4	11	35.55	17	230	35.7
5	28	35.37	18	242	35.6
6	31	34.61	19	278	34.9
7	38	34.65	20	292	35.13
8	46	35.08	21	311	35.13
9	60	35.77	22	318	34.11
10	90	35.69	23	348	34.64
11	113	35	24	369	35.14
12	117	34.85	25	413	34.83
13	130	34.74	Xbarra		35.1112
				S	0.4741

Tabla representa el número de barra con su respectivo peso, extraídas aleatoriamente con apoyo de la función de Excel. El valor de la desviación estándar, S y el promedio, Xbarra.

Se obtiene los valores de Z:

Con estos valores, en la tabla para estimar el porcentaje de defectuosos en el lote (Ver **anexo 2**), el valor más cercano a los M es 1.3419, haciendo uso de la muestra obtenida, se obtiene $p_i = 8.79\%$, indica el porcentaje de barra que posean

un peso menor a 34.475 kg (especificación menor), $p_s = 19.226\%$, porcentaje de barras que exceden 35.525 kg.

Sumando ambos valores se tiene que el porcentaje total fuera de especificaciones $p = (8.79\% + 19.226\%) = 28.016\%$. Este valor comparándolo con los valores de las inspecciones normal y severa (los M's), se concluye que el lote es rechazado, debido a que habrá 33.5 barras de caucho de 428 enviadas, que no cumplen con las especificaciones enviadas por el mismo proveedor.

Para la recopilación de los pesos de cada barra, se aplicará una Hoja de Registro (Verificación), donde contendrá información acerca del que recepciona el producto, fecha, datos del proveedor, como el producto que envía, cantidad

(LOGOTIPO)		Hoja de Registro de Materia Prima										Revisado por	
												Fecha: / /	
Datos de Empresa			Datos Proveedor				Datos de Muestreo						
Fecha de Recepción	Recepcionado por:	Lote	Nombre	Producto	Cantidad Total Remitida	Cantidad en Unidades (pacas)	Muestras			Cantidad Muestras		Dictamen (Ac/Re)	Observaciones
							Unidades	Promedio	Desviación Estándar	Aceptadas	Rechazadas		

remitida, cantidad de barras (o según la forma de envío), etc. Se incluye los datos necesarios para la aplicación de la Tabla Militar 414, además para la validación de la materia prima. Servirá además como soporte para próximos procedimientos.

Para evaluar la Calidad de Materias Primas y/o Productos tiene una gran dependencia al procedimiento que utiliza el proveedor para llegar a obtenerlo, por eso, la aplicación de un muestreo de aceptación. No obstante, no se toman en consideración, factores externos presente en almacenamiento, que pueden afectar fortuitamente a estos, a continuación diagrama causa – efecto:

Factores externos (causas) que pueden influir en la reducción en la calidad de materia Prima e Insumos en área de recepción de Rolter S.A.

2. Dosificado para Plantilla y Fajas

2.1. Diagnóstico

El dosificado de cauchos es el primer proceso que se realiza para la fabricación de la chinela, el cual se encuentra al final del almacenamiento de materia prima. Se realiza mediante el empleo de una guillotina, sobre la cual se pone la barra de caucho y mediante la aplicación de fuerza hidráulica, baja y corta. Una vez dicha barra se ha partido en pedazos más pequeños, se procede a pesar los pedazos y a cortarlos de nuevo si es el caso, para que pesen lo que indica la fórmula que son 13.40 kg que se necesita para obtener la esponja o plantilla.

El dosificado de la plantilla y fajas tiene similares componentes. Cabe resaltar, que se utiliza caucho sintético para la elaboración de la faja. Para llevarse a cabo las operaciones, se requieren que el área de producción suministre la programación de los productos (chinelas de diferentes colores) que se van a elaborar y la cantidad.

Lo primero que realiza el dosificador es revisar el programa y compararlo con el inventario del día anterior, para así tener las cantidades necesarias para la elaboración de las mezclas del día.

A partir de lo programado, operarios inician sus labores, los cuales sus herramientas son 3 pesas de diferentes tamaños, donde cada una tiene determinado que insumo a pesar, cucharas para agregar o quitar pequeñas cantidades si lo que se pesa, se excede o hace falta. El Balde, es el recipiente donde se depositan los diferentes insumos (**anexo 3**).

La variable que evalúan en esta área productiva es el Peso de cada uno de los insumos, el encargado recolecta los datos en una hoja de registro que se encuentra dividida entre plantilla y faja, con columnas que contienen los materiales para la fabricación de los productos mencionados anteriormente. La Cantidad de

muestras que extraen son 15 cada insumo. (Ver **anexo 4**). En base a esta información, elaboran cartas de control X-R juntándolos en subgrupos de 5.

2.2. Análisis

- Al recolectar la cantidad de 15 muestras de cada insumo, el cual están comprendidos en un formato donde se contiene todos, y aplicar la carta X-R con un subgrupo de 5 muestras se obtiene solamente 3 datos para c/u. aportando poca información graficada acerca del peso que llevan las dosificaciones, como por ejemplo, si los datos obtenidos se comportan Normal (con referencia a distribución normal), si existe un patrón para el comportamiento de los puntos en la carta, los cuales indican si el proceso está funcionando con causas especiales de variación⁵ (si existen datos atípicos y la razón de estos). No se puede realizar una interpretación de los datos graficados y deducir las causas de la inestabilidad⁶.
- Por simple deducciones propias, el encargado del área recolecta los datos de forma aleatoria de las dosificaciones que están programadas para el día, el formato no posee un espacio específico para el tiempo en que se ha realizado la toma de las muestras, es decir, no aparece un espacio en el que se determine la hora en que se recolectó n datos. La empresa en esta área no se encuentra cumpliendo los criterios de variación en la producción, haciendo referencia a la tercera categoría, Variación de tiempo en tiempo, que indica “que una operación efectuada por la mañana será diferente a uno efectuado más tarde en ese mismo día....”⁷
- Para obtener un cantidad de 120 datos mínimos de cada insumo que se necesitan para la aplicación de Cartas Shewhart, se necesitarían aproximadamente 8 días de producción, el cual no es tiempo conveniente

5 Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. p. 198

6 Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. p. 198

7 Besterfield, 2009, *Control de la Calidad*. p. 180

para evaluar la calidad de las dosificaciones, porque se estaría tomando estos días para recolección de datos para el control, deteniendo la producción y la comercialización del producto terminado por resultados.

- No poseen especificaciones de peso de cada insumo. Debido a que no se extraen la cantidad necesaria para la aplicación de cartas de control, aun no se han establecido las tolerancias que se pueden manejar.
- No existe otra herramienta estadística que evalué la calidad en ésta área, haciéndola vulnerable en las valoraciones de las dosificaciones, no se puede atribuir fallas (haciendo referencia a error tipo 1 o 2, aplicando cartas de control) en plantillas o fajas en áreas posteriores, a las operaciones que se ejecutan en el dosificado, porque no tendrán un soporte o la información necesaria del comportamiento que tendrán éstas en las siguientes operaciones que se necesitan ejecutar para fabricar el producto terminado.

2.3. *Planteamientos de Mejora*

Debido a que los operarios, que dosifican cada insumo hasta llevarla al peso exacto, no se aplicarían cartas de control, ya que no se visualizaría el comportamiento de los datos y ni se interpretaría con respecto a los patrones que se pueden evidenciar en el uso de tal herramienta⁸ (se recolectarían datos equivalentes).

La herramienta que se considerarían a utilizar cuando haya productos no conformes o datos menores o atípicos, sería Lluvia de Ideas, para la elaboración de las posibles causas. Un ejemplo de la aplicación

Lluvia de Ideas

Efecto: Alteraciones en dosificaciones

⁸ Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. pp. 199 - 203

1. Materia Prima

- Dosificación del Caucho
 - Inexacta
 - Tratamiento
 - Contaminado
- Almacenaje
 - Poca ventilación
 - Contaminación
 - Suciedad de piso impregnada en recipientes

2. Operario

- Poca experiencia
- Capacitación
 - Conocimientos insuficientes y no adecuados
- Tedio
- Monotonía
- Trabajo Aburrido
- Personalidad
 - Descuido
 - Fatiga
 - Cansancio
- Exposición a materia prima esparcida en el aire.

3. Inspección

- Evaluación
 - Mala Calibración de instrumentos de medición
- Empresa
 - Baja capacitación para la inspección
- Inspector
 - Sin previas capacitaciones

- Poca experiencia

4. Procedimiento

- Área Productiva
 - Espacio funcional reducido
 - Desorden entre insumos
- Inadecuado flujo de información
 - Mala programación de producción
 - Muchos productos de diferentes insumos (varios colores) a producir

5. Maquinaria y Herramientas

- Desgastes
- No hay precisión
- Mal Uso
- Des calibración
- Antigüedad
- Contenedores no adecuados
 - Sucios
 - Vida útil cumplida

No obstante, se consideraría otra herramienta para la evaluación de calidad como el diagrama Ishikawa, método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan⁹, que inicia fijando las ramas donde puede estar contenido las diferentes causas del problema en estudio. Esta permitiría una mejor visualización y tomaría como referencia las causas que se tomarían primero según rama para su análisis y solución del efecto. Próxima hoja un ejemplo del diagrama Ishikawa. Tomando en base a la información anterior.

⁹ Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. pp. 152 -156

La causa que consideramos que influye en gran parte en las alteraciones de las dosificaciones es la des calibración de las 3 balanzas, ya que no poseen un certificado de calibración que haga constar el estado óptimo de éstas, ni el tiempo que se puede usar antes de su próxima calibración.

Diagrama Ishikawa tomando como efecto Alteraciones en Dosificaciones

3. *Preformado de Plantilla y Fajas*

3.1. *Diagnóstico*

Preformado de Plantilla

Conocida también como Mezclado; una vez con las dosificaciones realizadas en los recipientes (los baldes), se procede a obtener una preforma (de plantilla o esponja) que luego será vulcanizada, troquelada y ensamblada.

Para la fabricación de las preformas, se procede a la utilización de máquinas, las cuales son: Bambury, mezcla todos los insumos junto con el caucho natural, para lograr una pasta homogénea; Molino, que su función mediante 2 rodillos es (luego de introducir la pasta) homogenizar más la pasta y alisarla para la fácil formación de 3 capas de 2 – 3 mm, la cual forma la preforma de la plantilla, con un grosor entre 8 - 9 mm y un peso de 6.32 - 6.38kg; Maquina de reproceso, que sirve para procesar las preformas, ya vulcanizadas y troqueladas, en pasta para la introducción en bambury y así obtener nuevas preformas; Mezcladora de Faja, que procesa las plantillas de las fajas para homogenizar ingredientes y molino para faja que tiene misma función que la anterior, todo esto para proceder a su vulcanización. Cabe destacar que en bambury, luego de procesar una dosificación que es de diferente color a la siguiente, el operario empieza a realizar una limpieza.

En esta área productiva, las herramientas que aplican son las cartas de control con variables como el grosor y peso. Si se llegase a dar detalles atípicos o no conformes en las preformas vulcanizadas, realizan diagrama Ishikawa para evaluar las posibles causas que dan como tal efecto y Check List.

Preformado de Fajas

Al igual que en de plantilla, existen 3 máquinas donde se procesa la dosificación para el producto faja. La mezcladora o bambury donde se agregan las dosis, y dos molinos que su función es homogenizar más la pasta para luego sacar las preformas de fajas.

Luego de extraer la preforma de faja, estas son colocadas en anaqueles o estantes (**anexo 7**) que tiene espacio para 14 unidades, que son transportadas al área de troquelado, para transformarlas en trozos pequeños, luego llevarlas a ser vulcanizadas en moldes. No existe registro de estas operaciones, solamente, por información proporcionada por gerente, el peso de las preformas están regidas por una tabla de pesos de preformas de fajas.

3.2. *Análisis*

Preformado de Plantilla

- La aplicación de cartas de control que evalúen la calidad mediante variables, es la idónea para esta área, al igual que el diagrama Ishikawa cuando se dan resultados atípicos.
- Aunque apliquen las cartas de control, desconocen de causas comunes y especiales de variación, además poseen la tolerancia (especificaciones) del producto en proceso pero no la información que permita establecer si el proceso es capaz de fabricar un bien que satisfaga estándares de calidad.
- Se han determinado aplicar carta X – R, con un subgrupo menor a 10 muestras, pero no poseen conocimiento acerca del porqué utilizar ésta y no la carta X – S.
- Se obtienen diferentes preformas según el peso, es decir, se pesan preformas de 6.30 kg, la siguiente, de 6.40 kg y así sucesivamente. Afirman que se debe a los moldes del vulcanizado, que no son similares en dimensiones, es decir, uno forma más exceso que el otro.

Preformado de Fajas

- En esta operación, no se levantan ningún dato acerca de las preformas, por ende, no evalúan la calidad mediante la aplicación de las herramientas establecidas.

3.3. **Planteamiento de Mejora**

Para utilizar la carta idónea es necesario tener en cuenta lo siguiente: “Las cartas que se utilizan con mayor frecuencia son la gráfica X y la gráfica R. La primera se usa para el seguimiento del centrado del proceso, la otra se utiliza para el seguimiento de la variación en el proceso”¹⁰. No obstante, “la desviación estándar es un indicador más sensible y mejor de la variabilidad del proceso que el rango, sobre todo para tamaños de muestras grandes”¹¹. Por tanto, cuando se requiere o es necesario elaborar un control estrecho de la variabilidad, se debe tomar en cuenta una cantidad mayor de 10 muestras por cada subgrupo, obligando a recolectar más datos.

Los procesos tienen variables de salida o de respuesta, las cuales deben cumplir con ciertas especificaciones a fin de considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria¹². Los índices de capacidad permiten verificar si la variable en estudio se encuentra cumpliendo las tolerancias que se poseen de un proceso en particular.

Para la recolección de datos para el uso de cartas de control se proporciona en hojas siguientes un formato que permite lo antes escrito, además de una hoja de verificación para ser llenada antes del levantamiento, especificando la variable que se estudiará, las cantidades a inspeccionar, y el tamaño de subgrupo que se utilizará, incluyendo un soporte del estado de las máquinas, de los operarios en turno, etc. todo para una mejor evaluación.

10 Evans & Lindsay, 2008, *Administración y Control de la Calidad*, p. 718

11 Evans & Lindsay, 2008, *Administración y Control de la Calidad*, p. 737

12 Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. p. 100

Hoja de Verificación para aplicar Cartas de Control

Manufacturera: _____
Operarios _____

Inspector: _____
Fecha: _____

Hora Inicio: _____ **Turno:** _____

Hoja ____ **de** ____

Mezclador (Bambury)	Molino y Balanza	
Operarios: _____	Operarios: _____	
_____	_____	
Descripción de estado _____	Descripción de estado _____	Descripción de estado _____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Se a estudiar: _____
Observaciones: _____

Cantidades a inspeccionar: _____
Tamaño de Subgrupos _____

Hecho por: _____

Variable de estudio: Peso de preformas de plantilla

Se encarga 3 operario de lograr el peso que ésta debe de tener, el primero que controla la máquina que homogeniza la pasta mezclada, el segundo que mediante un molde corta y da el tamaño de la preforma, y el tercero que con varios cortes alcanza el peso que por procedimiento son de 6.30 kg y de 6.40 kg.

Se presentan muestras obtenidas de la siguiente manera: De cada dosis que es procesada en esta área, se escogía, de manera aleatoria, 4 preformas la cual consideramos que proporcionaría la suficiente información, ya que de una dosis se extraen aproximadamente 8 preformas, además, observaciones que pueden generar datos atípicos incluyendo el turno que se hizo (mañana o tarde).

En el momento de obtener estos datos, se observó que la balanza se encontraba con -0.02 kg (**anexo 6**), que significa que se encontraba des calibrada. Datos en kilogramos (kg)

<i>Toma de Muestra para Preforma plantilla (PESO, kg)</i>						
<i>Día</i>	<i>Subgrupo</i>	<i>Muestras</i>				<i>Observaciones</i>
		<i>X₁</i>	<i>X₂</i>	<i>X₃</i>	<i>X₄</i>	
1	1	6.30	6.30	6.28	6.42	Azul, Mañana, 10:00am 11am
	2	6.42	6.42	6.30	6.40	Azul, Mañana, 11:45am 12m
	3	6.32	6.42	6.30	6.30	
	4	6.30	6.42	6.30	6.40	
	5	6.30	6.30	6.42	6.42	Rojo, Tarde, 12:00m -12:15pm
	6	6.30	6.42	6.30	6.42	Verde, Tarde, 1.30pm-1:50pm
	7	6.30	6.30	6.42	6.32	Azul, Tarde,3:50pm-4:15pm
2	8	6.42	6.30	6.30	6.42	Verde, Mañana,9:15am-9:20m
	9	6.42	6.42	6.4	6.30	Rojo, Mañana,9:30am-10:10am

				2		
	10	6.30	6.44	6.4 2	6.34	Rojo, Mañana, 10:25am-10:45am
	11	6.42	6.42	6.4	6.42	
	12	6.32	6.34	6.3 4	6.30	
	13	6.44	6.30	6.3 2	6.32	Rojo, Mañana, 11:00am-11:45am
	14	6.30	6.44	6.3 0	6.32	
	15	6.30	6.30	6.3 0	6.34	Azul, Tarde, 1:16am-1:45pm
	16	6.30	6.34	6.3 0	6.30	
	17	6.30	6.30	6.3 0	6.32	
	18	6.46	6.30	6.4 2	6.40	Rojo, Tarde, 2:15pm-2:36pm
	19	6.32	6.34	6.4 2	6.42	
	20	6.40	6.42	6.4 2	6.30	
	21	6.42	6.40	6.3 2	6.32	

Para el procesamiento de estos datos se empezó con la aplicación de un Histograma, para visualizar si los datos anteriores se encuentran cumpliendo un comportamiento Normal, además de identificar los datos que poseen mayor frecuencia en la toma realizada. A continuación:

Debido a que se obtienen dos tipos de preformas de diferentes pesos (6.30kg y 6.40kg), se aprecia que es un histograma bimodal¹³, que posee dos realidades. Permite determinar que no existe un centrado. La limitante de esta aplicación es que no permite detectar tendencias que ocurren a través del tiempo¹⁴. Por tal razón, no ayuda a estudiar la estabilidad del proceso.

Para la estabilidad el proceso a través del tiempo, se aplicó la Carta de Control X-R, con un tamaño de subgrupo de 4 muestras. A continuación:

A partir de esta carta de control se aprecia el comportamiento de los datos, contenidos en subgrupos de 4 muestras, a través del tiempo.

- En la primera, existe un centrado de los pesos en el tiempo con poca variabilidad, los datos se encuentran dentro de los límites de control que ellos mismos proporcionan, pero al hacer el análisis con respecto a las especificaciones que posee la empresa, la mayoría de las medias se encuentran fuera, considerando que las tolerancias no aplican o se encuentran mal determinadas por la entidad que labora.
- En la segunda, análisis del Rango, entre los subgrupo 2 hasta 9, no existe variación entre ellos, lo que se consideraría que el operario en turno estuvo pendiente de lograr tener el peso adecuado de la preforma, aunque los

13 Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*.p. 26

14 Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009. *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*.p. 28

siguientes, debido a que hubo cambio de día y de operario, se observa que éste tenía poca atención a lograr el peso adecuado.

Tomando en cuenta lo anterior, no han determinado si el proceso actual es capaz de cumplir con los estándares de calidad estipulados, debido a que no poseen la información que haga validar lo antes escrito, es decir, no existe los índices de capacidad que describan al proceso.

La información que presenta esta gráfica, es la que respecta a los índices de capacidad, el análisis es el siguiente:

- ❖ Índice Capacidad del Proceso, $C_p = 0.18$. Debido a que es menor que 1 hay evidencia que no cumple con las especificaciones (corroborar el análisis de carta de control), además expresa que se requiere modificaciones muy serias o minuciosas como el determinar el peso nominal o normado que deben de tener cada preforma, incluye la especificaciones mediante un intervalo de confianza. A partir de este bajo C_p . proporciona que el desempeño de este proceso tendrá 80.95% de preformas que no cumplen las especificaciones existentes. Este índice permite catalogar como un proceso no capaz.
- ❖ Índice razón de capacidad, C_r . No existe debido a que los datos obtenidos no ocupan el espacio determinado por las especificaciones.
- ❖ Índices C_{pi} , C_{ps} y C_{pk} . Son valores menores que 1, fijando que los datos no cumplen las especificaciones, aprobando el análisis de C_p .
- ❖ C_{pm} , no existe debido a que no poseen un valor nominal (una media estipulada) para realizar el respectivo análisis.

Debido al análisis de los índices anteriores, se concluye que el proceso mediante el estudio del peso de la preforma no se está elaborando según las

especificaciones estipuladas y que se requiere modificaciones minuciosas para establecer un peso nominal de preformas.

Variable de estudio: Grosor de preformas de plantilla

Implica 1 operario para lograr el grosor, el que se encuentra con el manejo del molino y junta las 3 capas que debe de llevar la preforma. Se aplicó un histograma para asimilar los datos con respecto al comportamiento normal que deben tener. A continuación datos recolectados e histograma. Datos en milímetros (mm)

Toma de Muestra para grosor de preformas de plantilla												
Turno	Subgrupo/ X	Lados			Observaciones		Turno	lado				
		1	2	3	4	Media				1	2	
Mañana, Día 1	1					9.25	Tomados con Cinta Métrica, 10:45 am-11am	Mañana, Día 2	27	11	11	
		9.5	9	9.5	9							
	2	9	9	9.5	9.5	9.25			28	9	9	
	3	9	9	9.5	9	9.125			29	11	11	
	4	9.5	10	9	9	9.375			30	10	9	
	5	9.5	9.5	9	8.5	9.125			31	11	10	
	6	10	9.5	10	9.5	9.75			32	9	10	
	7	9	9	9	9	9			33	9	9	
	8	9	10	9.5	9.5	9.5			34	11	10	
	9	9.5	9.5	8.5	9	9.125			35	10	9	
Tarde, Día 1	10	10	9	9.5	10	9.625	Tomados con Cinta Métrica, 1pm-1:15pm	Tarde, Día 2	36	10	10	
	11	9	9	9	9.5	9.125			37	11	12	
	12	9	8.5	9.5	9	9			38	11	9	
	13					9.5			39	10	11	
Mañana		9.5	10	9.5	9				40	11	11	
	14	10	9.5	9	8.5	9.25			41	11	10	
	15	9.5	9	9.5	10.5	9.625			42	11.5	11	
	16	10	10	10	11	10.25						

a, Día 2							os con Reglita , 9:34a m- 10:10a m				
	17	11	10	12	11	11			43	11	10
	18	12	10	11	9	10.5			44	10	11
	19	11	11	11	10	10.75			45	11	10
	20	12	12	11	8	10.75			46	11.5	11.8
	21	10	9	10	11	10			47	11	10.2
	22	10	11	10	8	9.75			48	10	9
	23	10	11	14	10	11.25			49	9.2	10
	24	10	8	10	12	10			50	10.9	10.7
	25	9	9	10	12	10			51	10.7	10.7
	26	10	10	9	11	10			52	9.75	9.75
									53	9.5	8.9

En este histograma se aprecia que los datos recolectados se encuentran centrado a la media que proporciona pero con mucha variabilidad, la que se puede a referir a que las capas una vez pesada y puestas en el anaquel que es transportado, las preformas empiezan a separarse, razón de que el operario no garantizó la adhesión adecuadamente de las 3 capas.

Sin embargo, el histograma solamente presenta información sin tomar en cuenta que los datos son 4 lados de una sola preforma y recolectados a través del tiempo. A continuación carta de control individual.

Se aplicó la gráfica de control Individual, debido a que el grosor no depende de la dosis ni de la maquina el cual se procesa, sino del operario que debe garantizar la adhesión de la preforma. Debido a esto, se obtuvieron datos sin ningún procedimiento para tomar muestra, la manera para obtener la muestra sería la mencionada para datos de peso de preforma.

- En la primera gráfica, se observa que en los subgrupos 1 al 15, existe señales de centrado, dando a entender que este operario estuvo realizando su operación de una manera atenta en la adhesión, e intentando llevarla a los límites de las especificaciones. De los siguientes datos, existe una alta inestabilidad, llegando hasta tener un dato fuera de los límites de control, nos presenta que el operario en turno, no estaba atento o no presentaba un mejor desempeño en la operación que realizaba en ese momento. Esta carta de control hace énfasis en el desempeño laboral que el trabajador encargado del molino ejecuta en su jornada laboral o en su turno. Los datos obtenidos no cumplen con las especificaciones que se poseen del grosor.

- En la segunda gráfica, existe una gran variabilidad de grosor, se entiende que entre 4 puntos tomados de una preforma existe inestabilidad de grosor entre cada una, es decir, el promedio de 4 tomas de grosor de una preforma difieren significativa en el momento de la evaluación entre preformas.

Al igual que en el peso de preforma, un análisis de cada índice de capacidad a continuación:

- ❖ Cp., equivalente a 0.32 dando evidencia (visualizando la gráfica) que el proceso u operación no se encuentra cumpliendo las especificaciones que la empresa se ha establecido, describiendo a la operación no capaz. Las preformas inconformes por el grosor se obtendrán 92.45%, es decir, que todas las preformas que se manufacturen no tendrán las tolerancias (o no estarán dentro de estos límites).
- ❖ Cps, Cpi, Cpk, corroboran lo antes escrito por el Cp., el valor negativo expresa que la media de los datos están fuera de las especificaciones.
- ❖ Cpm., no existe debido a que no poseen un valor nominal (una media estipulada) para realizar el respectivo análisis.

Se concluye que la operación mediante el estudio del grosor de la preforma no se está elaborando según las especificaciones estipuladas y que se requiere modificaciones minuciosas para establecer un grosor nominal de preformas.

Variable de estudio: Grosor y Peso de preformas de fajas

Una vez que se obtiene la preforma de faja, ésta es colocada en anaqueles que tiene capacidad para 14 unidades. La limitante en esta parte productiva es que los operarios de los molinos no llenan los estantes, es decir, se transportan estantes que conllevan entre 8 y 10 preformas, impidiendo la recolección del grosor ya que se tomarían de lotes no homogéneos.

Para recolectar datos del grosor de las preformas, se debe realizar un procedimiento que permita que los operarios coloquen las 14 unidades por anaquel o menor, siempre con la certeza que colocaran esa misma cantidad en los otros, es decir, Estandarizar la capacidad del anaquel, además se conocerá la cantidad aproximada de cuantos anaqueles se ocupan por turno.

Una vez realizado lo anterior, continuar con la aplicación de recolección y en apoyo de cartas de control evaluar la variable Grosor de preformas de faja, el cual, no poseen un registro que avale la realidad de éste.

Al igual, sucedería con el peso de las preformas, se tuviera que realizar la estandarización de los estantes, para luego, continuar con la manera de recolectar los datos y evaluarlos con cartas de control. Para la realización de lo escrito anteriormente, en apoyo de la Hoja de Verificación para aplicar cartas de control, garantice el estado actual de los activos de la empresa y colaboradores que son los que antes que transforman este producto en proceso.

Procedimiento para la toma de muestras en área de Preformado de Plantilla

Para iniciar la toma de muestra, se considera que poseen cuantas dosis para preforma de plantilla se procesan en un turno (mañana o tarde). A partir de estos datos, se sacaran aleatoriamente 10 subgrupos, los cuales serán evaluados. Ejemplo, se afirman que son 45 dosis, y con la aplicación de la función de Excel se expresan por la tabla siguiente los que se sacara. Tener en cuenta que al aplicar la función se debe obtener como resultado, números únicos.

N o	Dosis	Nº	Dosis
1	6	6	25
2	10	7	26
3	14	8	28
4	17	9	42

5	20	10	45
---	----	----	----

Ahora, de cada dosis se sacaran aleatoriamente, 4 muestras si es peso que se desea evaluar y una sola si es grosor. Las preformas de plantilla serán enumeradas según la obtención, es decir, la primera que se elaboró es la número uno y así sucesivamente (para el caso de variable peso).

Procedimiento para la toma de muestras en área de Preformado de Plantilla

Cuando se posea la estandarización de capacidad de anaquel y cantidad aproximada de uso por turno, el procedimiento para la toma de muestra de grosor y peso es de la siguiente manera:

De la cantidad de uso aproximada por turno, sacar 10 subgrupos aleatoriamente, con apoyo de la función de Excel, *=aleatorio.entre (1, N)*. Ejemplo: Se afirma que se usan 35 anaqueles por turno y cada uno tiene capacidad para mantener 10 preformas, la siguiente tabla expresa los estantes que se tomaran para evaluar las variables. Se destaca que si aparecen repetidos, aplicar las veces necesarias para que sean números únicos, además la obtención de estos datos se tiene que hacer a comienzo de jornada laboral o día anterior, para que el personal encargado del levantamiento de datos sepa cuales tomara y que se dedica a hacer su labor especial.

N °	Anaquele	N°	Anaquele
1	10	6	25
2	11	7	26
3	12	8	28
4	15	9	30
5	19	10	32

Ahora, con la misma aplicación de la función de Excel, sacar las preformas que se evaluarán, siendo estas enumeradas a partir de la elaboración, es decir, la primera

que se obtiene, es la número uno y así sucesivamente. Una vez aplicada la función se obtiene (como ejemplo) que las preformas que se evaluarán son: (según la numeración) 1, 2, 7 y 9. Estas serán las muestras de un estante, al mismo tiempo el tamaño que tendrá el subgrupo. Cabe destacar, que este procedimiento debe ser independiente entre variables.

4. Vulcanizado de Plantilla y Fajas

4.1. Diagnóstico

Vulcanizado de preforma de plantilla

Una vez ya elaboradas las preformas de plantilla, se procede a trasladarlas al área de vulcanizado, que consiste en “cocinar” por un determinado periodo de tiempo que oscila entre 290 y 310 segundos según las condiciones del ambiente y/o del comportamiento de los insumos (a menos que hayan motivos o condiciones que ameriten reducir o aumentar su tiempo). Para la realización del cocinado se posee una maquina específica, el cual tiene capacidad de 6 moldes por vulcanizada.

Con la preforma de plantilla, ya vulcanizada, se toman y lanzan hacia una mesa de espera para remojo, (deducimos que es un tratamiento térmico), cuando la mesa se encuentra llena, son lanzadas al piso. Otro operario se encarga de colocarlas en la máquina de remojo y durante 190 - 200 segundos se mantiene para el descenso de temperatura. Una vez extraídas, se recolectan datos acerca del grosor, longitud, área y dureza, para la elaboración de formato de control entrega de material de pruebas, si se realiza validación de materia prima, o para la realización de cartas de control. Las preformas vulcanizadas, son enviadas a reposo por 4 días.

La herramienta que evalúa la calidad es el Paretograma, cuando una preforma presenta deformaciones, burbujas, orificios, o cuando salen incompletas.

Vulcanizado de preforma de fajas

Para las preforma de fajas se posee 2 máquinas con capacidad de 9 moldes cada una. En cada molde se colocan trozos pequeños (2 “tirillas”) que procede de troquelar las preformas (este procedimiento se contempla en Troquelado y Revisado). El tiempo de vulcanizado de las preformas de faja dura entre 120 y 140 seg.

Las fajas (producto después del vulcanizado) son trasladados hasta el área de Recorte de Faja, donde la operación es eliminar los excesos de caucho que llevan en las orillas. Al igual que el de preforma de plantilla, aplican Pareto grama para dar solución a las irregularidades que posee la faja una vez vulcanizada.

4.2. *Análisis*

Vulcanizado de preforma de plantilla

- Existen variables que recolectan datos pero no están siendo controladas, por ende, no hay aplicación de cartas de control aunque poseen especificaciones
- Además de la inexistencia de aplicación de cartas de control, hacen uso del Pareto grama, para tratar las irregularidades y en apoyo a la regla 80-20, dar solución a la que afecta más en la plantilla vulcanizada.
- La aplicación de una sola herramienta que evalué la calidad, consideramos a ésta área, vulnerable en lo que respecta a la valoración del producto en proceso.

Vulcanizado de preforma de fajas

- El Pareto grama es la herramienta idónea para esta operación, debido a que una vez vulcanizada, solamente presentaría alteraciones o no conformidades que son evaluadas por medio de la regla 80-20 que la proporciona esta instrumento evaluador de calidad.
- Se deduce que no poseen un hoja de verificación donde recolectar la información de no conformidades, no poseen un soporte de datos históricos.

4.3. *Planteamiento de Mejora*

Al recolectar datos para la formación de carta de control para las variables de mayor relevancia en el vulcanizado de preforma de plantilla, tener en cuenta el tiempo de toma de las muestras, con este procedimiento se estaría cumpliendo con lo siguiente: "...que una operación efectuada por la mañana será diferente a uno efectuado más tarde en ese mismo día...."¹⁵.

Para evaluar la calidad en las fajas vulcanizadas, no es necesario la aplicación de las herramientas en esta área, ya que, una vez en el recorte de faja (próxima área), un colaborador se encarga de revisar las fajas, registrando las no conformidades de recorte (incluyendo las de vulcanizado) y simultáneamente rechazándolas.

Las variables a estudiar serían longitud y grosor de las preformas vulcanizadas que son las que poseen especificaciones, y área de las láminas que no poseen ningún registro, a continuación.

Variable de estudio: Longitud de preformas vulcanizadas
(láminas) de plantilla

Una vez, que la lámina para las plantillas es extraída de la máquina de remojo se recolectaron los siguientes datos con referencia a su longitud (lado más largo), aplicando el procedimiento de la toma de muestra aleatoriamente, es decir, de 6 láminas, se tomaron datos de 4, formando un subgrupo de 4 muestras. A continuación, datos en centímetros (cm)

¹⁵ Besterfield, 2009, *Control de la Calidad*. p. 180

Toma de Muestra para longitud de láminas vulcanizadas (cm)

		Muestras				Medi a	
Hora	Subgrupo	X1	X2	X3	X4		Observaciones
Mañana, 9:30am- 11:50pm	1	11 5	11 7	11 4	11 8	116	Tiempo Vulcanizado 345 seg, Azul, Cinta Métrica
	2	11 8	11 5	11 4	11 4	115	Tiempo Vulcanizado 350 seg, Rojo, Cinta Métrica
	3	11 0	10 9	11 3	10 7	110	Tiempo Vulcanizado 340 seg. Cinta Métrica
	4	10 7	11 0	10 7	11 1	109	
	5	11 1	11 9	11 3	10 7	113	
	6	10 7	10 7	10 9	11 0	108	
	7	10 7	11 5	11 5	11 3	113	
	8	11 3	11 0	11 2	11 3	112	
Tarde, 12:35pm- 2:30pm	9	11 0	10 9	11 0	11 4	111	Tiempo Vulcanizado 340 seg. Cinta Métrica
	10	10 6	11 0	11 0	11 8	111	
	11	11 3	10 9	10 8	10 9	110	
	12	11 0	10 7	10 7	10 8	108	
	13	10 6	10 8	11 0	11 4	110	
	14	11 4	11 1	11 5	11 6	114	

Aprovechando la aplicación de un histograma se conoce si estos datos se comportan de una manera normal (si siguen una distribución normal), cabe destacar que no clasifica estos datos en base al tiempo de recolección.

En este histograma (en la siguiente hoja) se aprecia que los datos recolectados no se encuentran centrado a la media que proveen los datos, existe mucha variabilidad. Esto significa que se obtuvieron láminas vulcanizadas con diferentes medidas en su lado más largo (su longitud), además se observa que los datos más altos, se encuentran en las orillas de la curva, significando que no se obtienen longitudes que se acerquen a la media que ellos mismo han proporcionado.

Para una mejor evaluación, se utilizó la carta de control siguiente.

En la carta de control anterior, se visualiza que:

- En la carta X, todas las longitudes promedios de las 4 láminas vulcanizadas, se encuentran en los límites de control que ellos mismos proporcionan, aunque se encuentran muy lejos de alcanzar las especificaciones estipuladas por la empresa. Se deduce que las especificaciones anteriores son muy antiguas y se requiere un cambio de éstas para controlar las longitudes de las láminas con respecto a lo que tolera la empresa.
- En la carta R, se visualiza que existe variabilidad entre láminas tomadas, recalcamos que esto se puede deber a las preformas que tienen diferentes pesos, ya que los moldes para vulcanizar no poseen las mismas medidas.

Los índices de capacidad que se encuentran presente en esta parte productiva y que hace referencia a la variable en estudio es el siguiente:

Se observa que las especificaciones se encuentran lejos de los datos que se recolectaron, por ende, los índices de capacidad (sintetizando la información), comprueban que el proceso no es capaz de producir una lámina vulcanizada y se requiere de modificaciones en las especificaciones como principal elemento. Cpm., no existe debido a que no poseen un valor nominal (una media estipulada) para realizar el respectivo análisis.

Variable de estudio: Grosor de preformas vulcanizadas (láminas)
de plantilla

Además de medir la longitud de las láminas, el grosor es una variable crítica en esta área, ya que de esta dependerá si la plantilla o base de la chinela tendrá el mismo grueso en todos sus lados. Al igual que en la longitud se han tomado 4 muestras de una vulcanizada (6 en total) y de cada muestra, 4 lados diferentes, proporcionando la mayor información de la vulcanizada.

Se aplicó un histograma para determinar si los datos recolectados, se comportaron según la distribución normal. Datos en milímetros (mm)

Se observa que la mayoría de los datos se encuentran cerca de la campana, además de que existe una gran cantidad de láminas que se produjeron con una cantidad menor a la media que se ha proporcionado. Nos indica que los datos recolectados se comportaron de una manera normal, con considerable variación ya que los datos deberían de estar agrupados dentro de la campana, aunque la mayores frecuencias se puede tomar como satisfactorio porque se logró producir varias láminas que tuvieran el mismo grosor en promedio. A continuación datos recolectados.

Toma de Muestra para Grosor de láminas vulcanizadas, mm

Turno	Subgrupo	X1					X2					X3					X4				
		1	2	3	4	Media	1	2	3	4	Media	1	2	3	4	Media	1	2	3	4	Media
Tarde, Día 1	1	12	14	15	15	14	15	13	14	15	14.25	13.5	13.5	13	15	13.75	13	14	13.5	13	13.375
	2	14	14	13.5	11	13.125	13.5	14	13	13	13.375	12	13	13.5	12	12.625	13	13.5	13	13	13.125
	3	15	13	14	12	13.5	14	13	13.5	14	13.625	12	15	12	13	13	13	13	13	12	12.75
	4	15	14	13	16	14.5	15	15	14	13.5	14.375	14	13.5	12.5	13.5	13.375	12.2	11.8	12.5	12.5	12.25
Mañana, Día 2	5	12.6	12.6	12.8	13	12.75	12.5	12.5	12.6	12.6	12.55	13	13.1	13.2	13.2	13.125	13.5	12.7	12.8	12.7	12.925
	6	13	12.8	12.9	12.2	12.725	12	12	12.1	12.2	12.075	1.8	12.7	12.6	12.8	9.975	13	12.5	12.8	12.2	12.625
	7	12	15	15	12	13.5	12	12	12.2	12.5	12.175	12	12.2	12.8	12.88	12.47	11.6	11.8	12	12.5	11.975
	8	11.8	11.2	12.2	12.5	11.925	11.5	11.8	12	12.2	11.875	11.6	11.8	12.2	12.6	12.05	11.2	11.4	11.8	12.2	11.65
	9	11.5	12.5	12.8	11.7	12.125	11.2	11.5	12.2	12	11.725	11.2	11.8	12.6	11.2	11.7	11.3	12.4	12.4	12.6	12.175
	10	12	12.2	11.8	12.6	12.15	11.6	12.6	12	12.2	12.1	11.6	11.8	12.6	12.2	12.05	12	12.2	12.5	12.5	12.3
	11	12	12.5	13.5	13.8	12.95	11.8	11.6	12	12.4	11.95	13	12.4	13.5	13.6	13.125	12	12.2	12.2	12.5	12.225
	12	12	12.6	12.4	12.2	12.3	12	12	12.4	12.8	12.3	12.2	12	12	12.5	12.175	12	12.5	13	13	12.625
	13	12.2	12.4	13	13.1	12.675	12.2	12.2	12.5	12.5	12.35	12.4	12.2	12.6	12	12.3	11.6	12.8	11.5	12	11.975
	14	13	12.6	12.5	12.8	12.7	11.6	12.5	12.5	12.6	12.3	11.8	12.5	12.6	12.6	12.3	11.8	12	12	12	11.9

						25										75					5
Ta rd e, Dí a 2	15	12.2	12.5	12.4	12.4	12.3 75	12.4	11.8	11.5	12	11.9 25	12.2	12.6	13	12.6	12.6	12.5	12.8	12.8	12.8	12.7 25
	16	11.5	11.8	11.8	12.5	11.9	12	12.1	12.5	12.1	12.1 75	11.3	11.5	11.8	11.8	11.6	13	12.8	12.8	13.1	12.9 25
	17	13	12.2	12.8	12	12.5	11.8	12	12	12.2	12	11.8	11.8	11.6	12	11.8	11.5	11.8	11.8	11.9	11.7 5
	18	12.6	12.6	12.5	12.8	12.6 25	11.1	11.5	11.6	11.8	11.5	12	11.6	11.8	12	11.8 5	12.1	11.6	12.1	11.8	11.9
	19	11.5	12	12.5	12.2	12.0 5	11.6	11.4	12	12.5	11.8 75	11	11.5	12	12	11.6 25	12	11.8	11.8	12.5	12.0 25
	20	12	11.8	12.5	13	12.3 25	12.4	12.5	12.5	13	12.6	11.5	13	11.5	12.5	12.1 25	11.8	12.2	11.8	11.6	11.8 5



Estos datos fueron recolectados bajo las siguientes observaciones:

- Subgrupos 1-4, tomados con cinta métrica con hora 2 a 3:30 pm
- Subgrupos 5-14, tomados con micrómetro proporcionado por la empresa, con hora 9:30 – 11:50 am.
- Subgrupos 15-22 tomado con micrómetro con hora 12:35- 2:30 pm

Para visualizar y analizar el comportamiento de estos datos, se aplicó carta de control X-R con 4 muestras como tamaño de subgrupo, a continuación gráfico.

De las Carta de control se analiza lo siguiente:

- Carta X, se observa que en hay dos medias que no se encuentran dentro de los limites, se deduce que puede aplicarse al operario cuando rocía silicona (no aplicó bien). Las siguientes muestras se encuentran cercana a la media de las medias, considerándolo invariable mientras transcurre el tiempo. Se reitera, que algunos datos se encuentran fuera de las especificaciones, pero cumplen de cierta manera con las tolerancias.
- Carta R, se visualiza que existe un rango fuera del límite, esto es debido a que hubo una lámina que salió inferior a las demás con respecto a la variable en estudio, con los siguientes con mucha variabilidad aunque se encuentran dentro de los límites.

El análisis es el siguiente:

- ❖ Cp. de 1.30 indica que es parcialmente adecuado aunque advierte que se requiere un control estricto, es decir, del grosor de estas láminas dependerá en gran parte del que tendrá el producto terminado, debido a esto, el operario junto con el supervisor deberán velar por el tiempo necesario de

vulcanización y del buen rocío de silicona antes de ejecutar la operación (son los elementos necesarios para la vulcanización).

- ❖ Cpi., Cps., Cpk., se identifica que la mayoría de los datos se encuentra cercano a la especificación inferior haciendo referencia que los datos de grosor están lejos del centrado que proporcionan las tolerancias. Corroboran la información que proporciona el Cp.
- ❖ Se posee la razón de capacidad, Cr. que equivale al inverso de Cp., tiene un valor de 0.7692 (76.92%) que representa la porción de grosores de láminas que estarán contenidas en el rango de las especificaciones.
- ❖ Cpm., no existe debido a que no poseen un valor nominal (una media estipulada) para realizar el respectivo análisis.
- ❖ El desempeño observado proporciona la información en porcentajes de las láminas que no cumplirán con las tolerancias.

Debido al análisis de los índices anteriores, se concluye que el proceso mediante el estudio del grosor de las láminas vulcanizadas se está elaborando según las especificaciones estipuladas (la mayoría de los datos cumpliendo la especificación inferior) se requiere de un control estricto, ya que de este proceso influye en gran porción, en el grosor del producto terminado.

Variable de estudio: Área de preformas vulcanizadas (láminas) de plantilla

Al igual que se recolectó los datos en base a la variable Longitud, se aprovechó en tomar el otro lado (más pequeño) y se consideró realizar un análisis con respecto al área de las láminas vulcanizadas de plantilla, debido a que el operario encargado de recolectar, tiene la labor de levantar los datos pero no de analizarlos ni de transmitirlo a su superior. Desconocen las especificaciones de estas. A continuación datos obtenidos. Datos en centímetros (Cm)

**Toma de Muestra para dimensiones de láminas vulcanizadas (cm)**

		Muestras								
		X1		X2		X3		X4		
Hora	Subgrupo	L1	h1	L2	h2	L3	h3	L4	h4	Observaciones
Mañana, 9:30am- 11:50pm	1	11 5	11 4	11 7	11 6	11 4	11 3	11 8	11 8	Tiempo Vulcanizado 345 seg, Azul, Cinta Métrica
	2	11 8	11 6	11 5	11 3	11 4	11 3	11 4	11 3	Tiempo Vulcanizado 350 seg, Rojo, Cinta Métrica
	3	11 0	10 8	10 9	10 8	11 3	10 9	10 7	10 7	Tiempo Vulcanizado 340 seg. Cinta Métrica
	4	10 7	10 6	11 0	10 7	10 7	10 6	11 1	11 0	
	5	11 1	11 1	11 9	11 7	11 3	11 2	10 7	10 7	
	6	10 7	10 4	10 7	10 6	10 9	10 8	11 0	10 7	
	7	10 7	10 7	11 5	11 4	11 5	11 3	11 3	11 2	
	8	11 3	11 2	11 0	11 0	11 2	10 9	11 3	11 3	
Tarde, 12:35pm- 2:30pm	9	11 0	10 8	10 9	10 8	11 0	10 9	11 4	11 3	Tiempo Vulcanizado 340 seg. Cinta Métrica
	10	10 6	10 4	11 0	10 9	11 0	11 0	11 8	11 6	
	11	11 3	11 2	10 9	10 8	10 8	10 8	10 9	10 8	
	12	11 0	10 9	10 7	10 6	10 7	10 6	10 8	10 7	
	13	10 6	10 6	10 8	10 6	11 0	10 9	11 4	11 3	
	14	11 4	11 3	11 1	11 1	11 5	11 3	11 6	11 3	

Para obtener los valores del área de cada lamina, se procedió a multiplicar cada valor (L y H) junto con la razón $1\text{m}^2/10000\text{cm}^2$, luego se promedió para el valor de media del subgrupo. Ej.

Toma de Muestra para área de láminas vulcanizadas, m²

		Muestras				Media	Observaciones
Hora	Subgrupo	X1	X2	X3	X4		
Mañana, 9:30am- 11:50pm	1	1.31	1.36	1.29	1.39	1.34	Tiempo Vulcanizado 345 seg, Azul, Cinta Métrica
	2	1.37	1.30	1.29	1.29	1.31	Tiempo Vulcanizado 350 seg, Rojo, Cinta Métrica
	3	1.19	1.18	1.23	1.14	1.19	Tiempo Vulcanizado 340 seg. Cinta Métrica
	4	1.13	1.18	1.13	1.22	1.17	
	5	1.23	1.39	1.27	1.14	1.26	
	6	1.11	1.13	1.18	1.18	1.15	
	7	1.14	1.31	1.30	1.27	1.26	
	8	1.27	1.21	1.22	1.28	1.24	
Tarde, 12:35pm- 2:30pm	9	1.19	1.18	1.20	1.29	1.21	Tiempo Vulcanizado 340 seg. Cinta Métrica
	10	1.10	1.20	1.21	1.37	1.22	
	11	1.27	1.18	1.17	1.18	1.20	
	12	1.20	1.13	1.13	1.16	1.16	
	13	1.12	1.14	1.20	1.29	1.19	
	14	1.29	1.23	1.30	1.31	1.28	

Con el histograma se visualiza que existe mucha variabilidad en las láminas, la mayoría de los datos no se encuentra dentro de la campana, se le puede acreditar al tipo de insumo que se dosifica, ya que por información proporcionada por gerente y supervisores, existen un insumo que es esponjante, es decir, éste hace que la lámina vulcanizada exceda sus dimensiones y por ende, su área.



Al ser una variable que no controlan, se aprecia en la siguiente carta de control, el comportamiento de las muestras transformadas en medias de subgrupo, a través del tiempo.

El análisis de las cartas:

- Carta X, se visualiza un dato fuera de los límites de control. A partir de las observaciones, se puede deducir que fue el tiempo de vulcanizado, ya que estuvieron probando el tiempo de cocinado. Las primeras medias no tienen un comportamiento similar, se puede atribuirle al cambio de tiempo de vulcanizado (probando tiempos), los demás empezaron a no poseer mucha variabilidad luego de haber definido el tiempo para laborar (determinaron el tiempo que se cocinan mejor los insumos).
- Carta R, los datos presentan mucha variabilidad, se deduce a los tipos de moldes que se usan (moldes para preforma de 6.30 kg y 6.40 kg). y si no se roció adecuadamente la silicona.

Procedimiento para la toma de muestras en área de Vulcanizado

Para extraer 20 subgrupo en los dos turnos laborales (10 en la mañana y 10 en la tarde), se debe conocer la cantidad de anaqueles que son transportados y procesados en cada turno, por ende, se debe poseer este valor anticipadamente (poseer un aproximado), para que aleatoriamente identificar los estantes que se evaluará. Cabe recalcar que este procedimiento se debe de realizar según las variables a estudiar., ejemplo:

Se requiere estudiar la variable Grosor de las láminas vulcanizadas. Si en el turno de la mañana aproximadamente se procesan 45 anaqueles, mediante la función de Excel, sacar los estantes y las dosificaciones que se evaluarán

=aleatorio.entre (1,45) se obtuvo los siguientes valores:

N°	Anaquele	N°	Anaquele
1	2	6	27
2	3	7	33
3	5	8	36
4	13	9	41
5	21	10	42

Estos datos representan los estantes de las preformas que serán ingresados para la vulcanización y que serán tomados para el siguiente procedimiento.

Como cada estante posee 6 preformas que todas son ingresadas en el vulcanizador, nuevamente se aplica la función de Excel para las 6 preformas para extraer 4 muestras que por orden numérico fueron introducidas.

=aleatorio.entre (1,6) y dando como resultado la 2da., 3ra., 4ta. y 6ta. Preforma que se le recolectará el grosor. Y así sucesivamente con los siguientes anaqueles.



5. Troquelado y Revisado

5.1. Diagnóstico

Láminas para plantilla

Una vez que las preformas vulcanizadas de plantillas hayan pasado los 4 días de reposo, son dirigidas al troquel, que consiste en darle el molde de la plantilla según el tamaño. Lo realizan 2 operarios en máquinas semiautomáticas c/u. Una vez obtenido la forma de la plantilla, son juntadas y guardadas formando un pequeño lote, que se consideran que son de la misma preforma, para luego dirigirlas a ensamblaje.

Un supervisor, se encarga de tomar datos. Recolecta la longitud de la preforma ya troquelada. No realiza ninguna con las plantillas. No aplican alguna herramienta que evalúe la calidad en las plantillas. Poseen las especificaciones del grosor y peso de cada plantilla, sin embargo no poseen índices de capacidad para valorar el proceso actual. Además de la carta de control, aplican Paretograma.

Preforma de faja

Una vez que se obtiene la preforma de faja, esta debe ser troquelada para obtener trozos pequeños (8 “tirillas” por molde, 8 troqueladas por preforma aprox.) que serán pesadas para su clasificación y transportadas a vulcanizado de fajas para su respectivo cocinado. No se lleva un registro alguno de esta operación.

5.2. Análisis

Láminas para plantilla

- Según información dada por el gerente técnico, las preformas vulcanizadas una vez llevada al área de reposo, permanecen ahí 4 días, el cual sufren un cambio leve en lo que son las dimensiones (se reduce de 2-3 cm) y en el grosor, tomando en cuenta que una preforma se conforma de 3 capas,

estas se adhieren mejor al pasar por vulcanizado y el tiempo de reposo. Al sufrir estos cambios, no llevan algún registro que valga tales situaciones, por ende, no aplican alguna herramienta de calidad.

- Cuando el supervisor toma las dimensiones del preforma ya troquelada, lo está haciendo de un material que es ya reproceso y no de la preforma que viene del reposo, que es la que ha sufrido cambios.
- Al no levantar datos acerca de las plantillas, no les da garantía de que el producto terminado saldrá al mercado con las especificaciones que la empresa posee.
- Poseen especificaciones de cada variable (grosor y peso de plantilla), pero no poseen índices de capacidad que aporte la información si el proceso es capaz de producir un bien que cumple estándares antes determinados.

Preforma de faja

- Cuando ya se tiene las 8 tirillas, que aún se encuentran adheridas, realizan una clasificación según el peso, la empresa posee dos rangos de peso, si cae en el rango 1 son para fajas para de menor numeración de calzado y si cae en el 2 son para mayor numeración y las que no cumplen son tomadas para reproceso.
- Debido a que no se lleva un registro, se deduce que no se posee una herramienta que evalúe la calidad.

5.3. *Planteamiento de Mejora*

El registro de las dimensiones de las láminas vulcanizadas antes de ser troqueladas es necesario, ya que se podrá conocer la reducción de longitudes que sufrió en los 4 días aprox, el cual no se posee un registro confiable. Para una



creación de carta de control se tomó en cuenta el lado más largo, longitud, como variable para la elaboración.

El grosor de la plantilla es imprescindible, al igual que las dimensiones, sufre cambio en los 4 días de reposo. Llevar un control de esta variable descubriría si las dosificaciones están bien realizadas o si los insumos se están permitiendo producir una plantilla que cumple las tolerancias establecidas.

En el caso de las preformas de faja, no tienen establecido si de una preforma de faja se obtendrá tirillas para fajas de mayor numeración o menor numeración (**Anexo 5**). Es un impedimento para la aplicación de herramientas de calidad, porque no se podrá estipular que se evaluará. Para corregir esta clasificación, se necesita Estandarizar si la preforma de faja a troquelar se obtendrá tirillas para un número determinado de calzado, al mismo tiempo, permitirá conocer las dimensiones de la preforma y así saber cuántas troqueladas (usando los distintos moldes) se podrán realizar para sacarle el máximo a la preforma y disminuir el material de reproceso.

Variable de estudio: Longitud de láminas después de reposo

Las cartas de control que se aplicó en este estudio de variable es la individual y rango móvil, debido a que las láminas llegan sin ninguna información de cómo fueron vulcanizadas, la hora de ingreso a reposo, etc. (se carece de información) aunque si el tiempo de 4 días aprox. que han pasado. A continuación datos recolectados en centímetros (cm).

Toma de Muestra de láminas después de reposo. Longitud (cm)

<i>Hora</i>	<i>Subgrupo/ X</i>	<i>Longitud</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Hora</i>	<i>Subgrupo</i>	<i>Longitud</i>	<i>Observaciones</i>
Mañana, Día 1	1	106	Azul, Reglita 9 am- 11 am	Mañana, Día 2	17	106	Verde, 9:27 am - 9:34 am
	2	104.6			18	109	
	3	106			19	109	
	4	108.5			20	110.5	
	5	110			21	108.5	
	6	111.5			22	105	
	7	110			23	101	Rojo, 9:42am- 10am
	8	110			24	104	
Tarde, Día 2	9	103.7	Celeste, Reglita, 1:48 am-2:32 am	Tarde, Día 2	25	101.7	Negro, 1:15 am- 2:15am
	10	111			26	100.2	
	11	102			27	106	
	12	105			28	109.5	
	13	109			29	101.3	
	14	112.5			30	105.7	
	15	105			31	105	
	16	108			32	108.5	

Se utilizó un histograma para visualizar el comportamiento de los datos mediante la distribución normal, es decir, si los datos obtenidos se encontraban dentro de la campana.

Se visualiza que no hay un patrón que describa el comportamiento de los datos agrupados; las mayores frecuencias se encuentran cerca del centrado que proporciona la curva. Se puede considerar que existe mucha variabilidad en las longitudes. A continuación carta de control

El análisis de las cartas de control es el siguiente:



- Carta X, se aprecia que las longitudes obtenidas se encuentran dentro de los límites de control que proporcionan, se encuentra controlado aunque presentan mucha variabilidad que se le puede atribuirle a la formula o dosificaciones que se hayan hecho. Aunque se encuentran en control, las longitudes anteriores al compararlas con las tolerancias establecidas, no se encuentran dentro de sus límites, deduciendo que estas especificaciones son antiguas. No toman en consideración, el hecho de que se prueban insumos de diferentes proveedores y parámetros que varían en las áreas anteriores, para modificar y estipular nuevas tolerancias.
- Carta R, se visualiza que no lleva un patrón, en las primeras observaciones se nota que siguen un pequeña secuencia por debajo del rango móvil medio, aunque después se proyecta a valores mayores que la media y en se vaivén continua a lo largo del tiempo. Se considera que las láminas que fueron transportadas del área de reposo hasta aquí no tienen similitud en las operaciones anteriores (diferentes fórmulas, parámetros de vulcanización, diferentes pesos de preformas, etc.).

A partir de estos datos, se obtuvieron los índices de capacidad que actualmente están regidas estas observaciones.

Se observa que:

- ❖ Cp., que equivale a 0.28, denota al proceso o a la operación como no adecuado y que se requiere de modificaciones serias. En otras palabras, se necesita controlar minuciosamente la reducción de las longitudes de las láminas, esto a partir a las operaciones anteriores, principalmente vulcanizado, debido a que es una transformación de las dosis aplicando calor y presión. A menor grado, las fórmulas que se realizan con los diferentes insumos principalmente con y no esponjantes.

- ❖ Cpi, Cps, Cpk, corroboran al Cp. mediante el análisis de cada límites de especificación. Cpm no posee porque no existe un valor medio (objetivo) de longitud.
- ❖ Desempeño Observado, da información del porcentaje de láminas que no cumplirán los especificaciones, haciendo referencia a los límites, totalizando el 78.13% de que estarán lejos del rango de las tolerancias.

Variable de estudio: Área de láminas después de reposo

Para aprovechar la información de las dimensiones, además de la longitud, se tomaron el valor de su anchura, para analizar el área que poseen las láminas luego de 4 días aprox. A continuación datos:

Toma de Muestra para Troquelado Dimensiones (cm)

H o r a	Subgrup o	L	h	Observaciones	Hora	Subgrup o	L	h	Observacione s
M a ñ a n a , D í a 1	1	106	104. 3	Azul, Reglita 9 am- 11 am	Mañana , Día 2	17	106	103	Verde, 9:27 am - 9:34 am
	2	104.6	104. 6			18	109	102	
	3	106	104. 2			19	109	108.7	
	4	108.5	105. 5			20	110. 5	109	
	5	110	109			21	108. 5	108	
	6	111.5	111			22	105	104	
	7	110	107. 7			23	101	99	Rojo, 9:42am-10am
	8	110	109			24	104	101	
T a r d e , D í a 2	9	103.7	102	Celeste, Reglita, 1:48 am-2:32 am	Tarde, Día 2	25	101. 7	100.7	Negro, 1:15 am- 2:15am
	10	111	104. 5			26	100. 2	95	
	11	102	102			27	106	105	
	12	105	102. 8			28	109. 5	108.7	



í a 2	13	109	108			29	101. 3	100.5	
	14	112.5	111			30	105. 7	103.7	
	15	105	104			31	105	102.5	
	16	108	106. 5			32	108. 5	107.5	

Para obtener los valores del área de cada lámina, se procedió a multiplicar cada valor (L y H) junto con la razón $1\text{m}^2/10000\text{cm}^2$, Ej.

Toma de Muestra para Troquelado AREA (m²)

<i>Hora</i>	<i>Subgrupo</i>	<i>Área</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Hora</i>	<i>Subgrupo</i>	<i>Área</i>	<i>Observaciones</i>
Mañana Día 1	1	1.11	Azul, Reglita 9 am- 11 am	Mañana, Día 2	17	1.09	Verde, 9:27 am - 9:34 am
	2	1.09			18	1.11	
	3	1.10			19	1.18	
	4	1.14			20	1.20	
	5	1.20			21	1.17	
	6	1.24			22	1.09	
	7	1.18			23	1.00	Rojo, 9:42am- 10am
	8	1.20			24	1.05	
Tarde, Día 2	9	1.06	Celeste, Reglita, 1:48 am-2:32 am	Tarde, Día 2	25	1.02	Negro, 1:15 am- 2:15am
	10	1.16			26	0.95	
	11	1.04			27	1.11	
	12	1.08			28	1.19	
	13	1.18			29	1.02	
	14	1.25			30	1.10	

	15	1.09			31	1.08	
	16	1.15			32	1.17	

Al igual que en las variables anteriormente estudiadas, se procedió a realizar un histograma para identificar si los valores, áreas de las láminas, se comportaban y se contenían dentro de la curva que proyecta la distribución normal.

Se visualiza que los datos presentan lo casi ideal para la evaluación de esta variable, en que los datos se encuentren contenidos en la curva de la distribución. Al estudiar el área de las preformas (recolectar los datos de las dimensiones para luego obtener el área), se considera excelente su análisis debido a que sabría la porción de la lámina que se está utilizando para las diferentes numeraciones de los moldes. En otras palabras, se sabría la cantidad de plantillas que se troquelan si el área se encuentra controlada, (aprovecharía al máximo lo que permite la lámina combinando diferentes moldes y se evitaría considerablemente el producto de reproceso). A continuación la carta de control:

El análisis es el siguiente:

- Carta X, se puede considerar que tiene un comportamiento cíclico¹⁶ que las posibles causas que se le pueden atribuir a los cambios periódicos en el ambiente, es decir, el sitio de almacenamiento temporal puede no estar cumpliendo con las condiciones que se necesitan para que las láminas vulcanizadas sufran los cambios que se esperan que se cumplan.
- Carta R, se observa mucha variación entre cada observación, deduciendo que las láminas en sus dimensiones, en este caso haciendo referencia a la

¹⁶ Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*.p. 202



anchura sin dejar atrás Longitud, se presentan con diferentes medidas entre ellas (No son similares medidas entre láminas).

Variable de estudio: Grosor de plantillas

La aplicación de una carta X-R es la apta para el análisis y el control de esta variable, la condición que se debe poseer es que en los estantes donde se colocan los moños (cada moño posee 20 plantillas), sean de iguales columnas y filas, es decir, cada estante posee 3 lugares de almacenaje, el cual debe poseer 4 columnas con 5 moños cada uno.

Se obtuvieron los siguientes datos aleatoriamente de plantillas Imperial Clásica, la cual se poseen las especificaciones (siguiente hoja). Se aplicó histograma para conocer si los datos se comportaban según la curva que presenta la distribución normal, a continuación:

Se visualiza que los datos de grosor medios de cada muestra, se encuentran centrado con respecto al promedio que ellos proporcionan, aunque existen algunos datos que a menor frecuencia poseen un exceso o disminución de grosor. Se considera que se comportan adecuadamente según la curva de la distribución normal, que es posible llegar a agrupar todas las frecuencias debajo de la parábola. Cabe destacar, que esta herramienta evalúa cada plantilla (muestra) sin tomar en cuenta el tiempo.

Toma de Muestra para Troquelado, plantilla grosor															
Hora		Subgrupo		X3											
		1	2	3	4	Media	1	2	3	4	Media	1	2	3	
Día 1,	1	13.31	14.24	14.34	13.17	13.77	13.02	12.80	12.86	13.30	13.00	12.46	12.27	11.95	1

2:44 pm - 2:53 pm															
Día 1, 2:56 pm - 3:04 pm	2	12.75	12.14	12.73	13.26	12.72	13.20	13.18	12.85	12.80	13.01	12.47	12.78	12.68	1
Día 1, 3:13 pm - 3:20 pm	3	13.95	14.20	14.27	13.70	14.03	11.80	12.05	11.91	11.60	11.84	12.23	12.20	12.70	1
Día 1, 3:30 pm - 3:45 pm	4	11.49	11.40	11.78	11.41	11.52	10.95	11.12	9.41	9.25	10.18	9.41	9.25	9.02	9
Día 2, 2:30 pm - 2:40 pm	5	11.85	12.09	11.95	11.95	11.96	12.07	12.05	11.95	11.95	12.01	12.11	11.80	11.65	1
Día 2, 2:51 pm - 3:00 pm	6	11.50	11.46	11.44	11.36	11.44	11.43	11.23	11.70	11.55	11.48	10.50	10.65	11.00	1
Día 2, 3:05 pm - 3:15 pm	7	11.21	11.15	11.25	11.30	11.23	11.90	12.13	12.01	11.97	12.00	10.57	11.05	10.72	1
Día 2, 3:22 pm - 3:30 pm	8	10.86	10.93	11.05	11.00	10.96	11.19	11.30	11.57	10.90	11.24	10.50	10.87	10.83	1
Día 2, 3:33 pm - 3:45	9	11.70	11.77	11.60	11.66	11.68	11.56	11.66	11.66	11.53	11.60	10.89	11.05	11.33	1



Pantaleon

Ingenio Monte Rosa

pm															
Día 2, 3:55 pm - 4:07 pm	10	12.03	11.33	12.09	12.11	11.89	12.25	12.20	12.31	12.29	12.26	11.55	11.82	11.86	1
Día 2, 4:10 pm - 4:22 pm	11	11.57	11.66	11.81	11.80	11.71	11.57	11.85	11.91	11.94	11.82	11.30	11.47	11.50	1
Día 2, 4:24 pm - 4:35 pm	12	12.60	12.62	12.59	12.72	12.63	12.79	12.61	12.70	12.63	12.68	12.43	12.47	12.15	1
Día 3, 2:45 pm - 3:20 pm	13	12.73	11.73	13.1	13.1	12.67	11.86	11.88	12.04	12.06	11.96	12.08	11.69	11.41	
	14	10.8	11.06	11.13	10.94	10.98	11.9	12.2	11.44	11.03	11.64	11.05	11.79	12.3	1

Las observaciones son las siguientes:

- Subgrupo 1 al 3, Verde número de calzado 41
- Subgrupo 4, verde # 39
- Subgrupo 5, verde # 43
- Subgrupo 6 al 8, rojo # 43
- Subgrupo 9 al 12, rojo # 35
- Subgrupo 13 al 14, azul #40

Según los datos anteriores y agrupados en subgrupos se obtiene la siguiente carta. Las muestras anteriores se tomaron a partir de obtener el 20% de los moños de plantilla, es decir, este porcentaje de 20 plantilla obteniendo 4 a evaluar.

El análisis de los gráficos son los siguientes:

- Carta X, existen 5 datos que no están contemplados en los límites de control que se proporcionan los datos, los tres primeros datos se puede considerar que la parte de la lámina donde se troquelaron las plantillas, era más abultada que de los demás, los siguientes, por ser una parte muy delgada. Con respecto a las especificaciones, todas las medias se encuentran dentro del rango tolerable, considerando que cumple con lo estipulado para continuar en la siguiente área productiva.
- Carta R, se aprecia en las primeras muestras mucha variabilidad, deduciendo que en las láminas troqueladas existían lados voluminosos o abultados mientras que en otros, era muy delgada; en los siguientes resulta de láminas que poseían un grosor uniforme.

A continuación análisis del proceso según los índices de capacidad.

Se aprecia:

- ❖ Cp., equivale 1.47, interpretándolo como adecuado, es decir, el proceso es capaz de producir una plantilla con las especificaciones que actualmente están estipuladas, aunque no posee la categoría de Calidad Seis Sigma (clase mundial), que es la que define como un proceso que puede llegar a cumplir expectativas.
- ❖ Cps, Cpi, Cpk, corroboran lo antes escrito por el Cp., además que los datos cumplen en su gran mayoría con alguna especificación, es decir, se encuentran una gran cantidad de plantillas que se encuentran cumpliendo igual o más del grosor de la especificación inferior, incluyendo que la media de los datos está más cercana a esta limite, se concluye que se debe realizar pequeñas modificaciones en el proceso para centralizar los datos con especificaciones nuevas (análisis de tolerancias).
- ❖ Se posee una razón de la capacidad potencial, Cr, que equivale al inverso del Cp. tiene un valor de 0.6802 (68.02%), que significa que más de la mitad de los datos a recolectar caerán dentro del rango establecido por las especificaciones. “Representa la proporción de los datos que es cubierta por el proceso”¹⁷.
- ❖ Cpm., no existe debido a que no poseen un valor nominal (una media estipulada) para realizar el respectivo análisis.
- ❖ Desempeño observado, define que el 3.57% de las plantillas no cumplirán con el grosor estipulado como tolerancias.

Procedimiento para la toma de muestras en área de Troquelado

Para obtener las muestras individuales de las dimensiones de las láminas después del reposo, se necesita saber cuántas láminas serán troqueladas en cada turno, es decir, a partir de la programación de la producción del troquelado de faja, tomar

¹⁷ Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. pp. 103 -104.

la cantidad a troquelar en los turnos, para que en apoyo de la función de Excel, extraer las que serán evaluadas. Ej.

En el turno de la tarde se troquelarán 28 láminas, aplicando la función Excel se tendrá la tabla siguiente:

=aleatorio.entre (1,28)

N°	Lámina	N°	Lámina
1	4	6	13
2	5	7	15
3	7	8	19
4	11	9	20
5	12	10	21

Éstas serán extraídas antes de ser divididas entre los troqueladores disponibles, para facilidad se recomienda realizarla antes de que salgan del sitio donde reposan.

Para obtener las muestras de grosor de las plantillas, se necesita indispensablemente que en los estantes se presenten lotes homogéneos, es decir, se necesita que presenten columnas con la misma cantidad de moños y cada moño contenga la misma cantidad de pares (10 pares), luego enumerar cada moño y aleatoriamente sacarlos a evaluar, de los moños se hace una nueva enumeración y se sacan los plantillas evaluar aleatoriamente. Se considera la toma de datos a partir de la cantidad de moños clasificados según su numeración de calzado y posteriormente absorber un porcentaje según convenga para la evaluación.

Ejemplo: En un estante se encuentran 2 almacenados moños de 2 distintas numeraciones de calzado (35 y 43), de la #35 se encuentran 15 moños por lo que se decide tomar un 20% que será nuestra muestra, se obtiene 3 moños que serán tomados aleatoriamente y que representaran un subgrupo cada uno. Cada subgrupo contiene 20 plantillas, de las cuales, se extraerán 4 que finalmente serán

las muestras aleatorias que representen dichos subgrupos, estas deben de estar previamente enumeradas.

6. Recorte y Revisado de Fajas

6.1. Diagnóstico

Las fajas, ya vulcanizadas, son transportadas al área de recorte de fajas, el cual se encuentra conformado por varios tipos de operario: separadores, recortadores de tapón, de cuerpo, revisador.

Una vez recibidas, se clasifican por numeración dividiéndolos simultáneamente en moños de 10, luego se documenta la cantidad total. En esta área se quitan las malezas que vienen adheridas superficialmente y excesos de caucho, después pasan al recortado de tapón que básicamente se lima por medio de máquinas, al igual, el de cuerpo que liman los bordes de las fajas para darle el acabado.

Posteriormente, solamente se limpian y pasan al colaborador encargado de la revisión, que es el que recolecta la información acerca de no conformidades en la faja y rechazando las que llevan los defectos. Además verifica las que no han tenido un acabado definitivo. Esta información es transmitida a su superior para que se encargue de darle solución a tales datos.

6.2. Análisis

- Revisan si vienen con todo su acabado, las que no pasan son considerados reproceso, poseen un 3% de producto no conforme, información proporcionada por supervisor de área.
- Se han determinado (por experiencias) 2 causas existentes que puede estar ocasionando rechazo pero desconocen la que más influye en el acabado de faja y no toman en consideración de otras que deben de estar presentes.
- Se considera que cuando la información es dada al superior, este se encarga de aplicar algún procedimiento que haga disminuir el efecto que se presenta en dicha área.

6.3. *Planteamiento de Mejora*

El Paretograma es la herramienta que es ideal para controlar las no conformidades, pero en ayuda de un hoja de registro donde se encuentre clasificado los diferentes defectos y poder registrar los hallazgos (la frecuencia de éstos).

Atributos de estudio: No conformidades en las fajas vulcanizadas

La herramienta que aplican es el Paretograma y junto con la regla 80-20 determinar las causas que influyen en la baja calidad de las fajas. Con la siguiente hoja de verificación se puede llevar un registro de las veces que se da una no conformidad (frecuencia) además de llevarla como soporte para análisis posteriores.

Esta hoja de verificación permite conocer las frecuencias de cada no conformidad que aparezca en esta área, permitiendo poner más importancia en las que poseen mayor repetición y disminución considerable de éstas; se puede utilizar por el operario (una vez capacitado) que se encuentra levantando datos de las fajas vulcanizadas, y así proporcionar esta información a su superior, para que éste elabore el Paretograma. Lo principal para la aplicación, es la definición de las no conformidades presentes.

Ejemplificando (con datos ficticios):

Hoja de Verificación para No Conformidades	
<i>Etapa Manufacturera:</i> <u>Recorte de fajas</u>	<i>Fecha:</i> <u>24 de agosto, 2015.</u>
	<i>Tipo Chinela:</i> <u>IMPERIAL</u>
	<u>CLASICA</u>
<i>Núm. Total de Inspecciones:</i> <u>100</u>	<i>Hora realización:</i> <u>10:00 am</u>
<i>Comentarios:</i> _____	<i>Inspector:</i> _____
_____	<i>Hoja:</i> <u>1</u>

<i>Tipo de No Conformidad</i>	<i>Registro</i>	<i>Subtotal</i>
Bordes mal formado		9
Botones Desiguales		4
Burbujas		12
Manchas		14
Roturas Superficiales		2
Malas formaciones		8
Contaminantes presentes		1
Picados en bordes		12
Picados en superficie		15
<i>TOTAL GENERAL</i>		77
<i>Total de Rechazos</i>		31

En base a este ejemplo de aplicación de la hoja de verificación aporta información para la realización de un Paretograma, y analizar según las regla 80-20 las causas o no conformidades que influyen en el rechazo de las fajas vulcanizadas.

Según el paretograma, más del 20% de las no conformidades presentes (siendo estos los vitales), provocan el 80% del efecto de rechazo de las fajas, las cuales son picadas en superficie, manchas, burbujas, bordes mal formado. El otro 80% de las no conformidades se puede estipular que son triviales, es decir, carecen de importancia aunque siempre es bueno resolverlas o evitarlas.

A partir de la información que facilita la hoja de verificación se aprovecha para la realización de una carta de control por atributos. La aplicación de la carta p, con límites variables, proporcionaría la cantidad de fajas rechazadas que se mantiene en la operación de recorte (incluyendo vulcanizado), es decir, se tendría una porción de rechazos de fajas dentro de límites de control.

Para la aplicación de la carta p, al final de cada turno, se tomaría todas las hojas de verificación que se han realizado (cada hoja tiene un número), se tomaría el total y mediante el resultado de la función de Excel para extraer números aleatorios, tomar la información de las hojas con esos números, posteriormente, formar la carta.

7. Ensamble de Chinelas

7.1. Diagnóstico

En el ensamblaje para obtener el producto terminado, se da en 4 puestos laborales, la primera, dedicada a abrir los orificios de la plantilla, el siguiente, ensamblado de la faja con plantilla, tercero, limpieza de las chinelas, y la última, toma de los pares para echarlos en las bolsas para su comercialización. Luego de estos procedimientos son clasificadas por numeración.

Aplican paretograma para no conformidades. Nos afirman que se intentó trabajar con graficas de control por atributo pero la muestra era muy pequeña, por lo que se prescindió de su utilización.

7.2. Análisis

- Al levantar las causas, determinan las existentes y cuál de ellas puede estar ocasionando efectos pero desconocen la que más influye, en otras palabras, no poseen la frecuencia de las no conformidades
- Realizan un Paretograma de una manera subjetiva, es decir, por experiencia determinan las causas que tienen mayor influencia y elaboran la gráfica.

- Se considera que cuando la información es dada al superior, este se encarga de aplicar algún procedimiento (en apoyo al paretograma) que haga disminuir el efecto que se presenta en dicha área y comunica a supervisores de áreas anteriores sobre los problemas que presentan gran importancia en el efecto.

7.3. Planteamiento de Mejora

Al igual que en el área de recortado y revisado de fajas, se puede hacer uso de la hoja de verificación, determinando los tipos de no conformidades que puede llevar el producto terminado.

Se considera la utilización de la Hoja de Verificación para no conformidades, porque permite conocer, las frecuencias de éstas, a la demás áreas, sobre el porqué de los rechazos de las chinelas para que elegir soluciones que disminuyan considerablemente las repeticiones de no conformidad.

A partir de la información que presentaría esta hoja, se procedería a realizar un paretograma, que con la regla 80- 20, (el 20% de las causas, proporcionan el 80% del efecto en estudio) tratar de disminuir la frecuencia de tales no conformidades. Al mismo tiempo, información importante para la creación de una carta p, siendo los rechazos del producto terminado como el ente a evaluar, controlar, decidir. Lo principal para la aplicación, es la definición de las no conformidades presentes.

Ejemplificando (con datos ficticios):

Hoja de Verificación para No Conformidades	
<i>Etapa Manufacturera:</i> <u>Ensamble de Chinelas</u>	<i>Fecha:</i> <u>03 de septiembre, 2015.</u>
	<i>Tipo Chinela:</i> <u>IMPERIAL</u> <u>CLASICA</u>
	<i>Numero de calzado:</i> <u>38.</u>
<i>Núm. Total de Inspecciones:</i> <u>123</u>	<i>Hora realización:</i> <u>9:35 am</u>
<i>Comentarios:</i> _____	<i>Inspector:</i> _____
	<i>Hoja:</i> <u>1</u>

<i>Tipo de No Conformidad</i>	<i>Registro</i>	<i>Subtotal</i>
Burbujas		8
Manchas		4
Rupturas Superficiales		3
Rayaduras en superficie		10
Malas formaciones		1
Orificios o grietas		12
Contaminantes presentes		1
Mal ensamblado		17
Suciedad presente		14
<i>TOTAL GENERAL</i>		70
<i>Total de Rechazos</i>		37

A partir de esta información se crea un paretograma y que según éste, las no conformidades presentes que provocan el 80% del efecto de rechazo de las fajas (siendo estos los vitales), son mal ensambladas, suciedad presente, orificios o grietas, rayaduras en superficie, burbujas, definiendo las que se requiere de soluciones para minorar el efecto que dan. El otro 80% de las no conformidades se puede estipular que son triviales, es decir, carecen de importancia aunque siempre es bueno resolverlas o evitarlas.

Al igual que en recorte y revisado de fajas, con la información de la hoja de verificación, se puede proceder a la creación de una carta de control por atributos, en este caso, carta p con límites variables, proporcionando la cantidad de fajas que son rechazadas por las no conformidades con sus respectivos límites. Con las continuas aplicaciones se podrá saber si las soluciones a las no conformidades, están reduciendo la porción de rechazos del producto terminado.

Para la aplicación de la carta p, al final de cada turno, se tomaría todas las hojas de verificación que se han realizado (cada hoja tiene un número), se tomaría el total y mediante el resultado de la función de Excel para extraer números

aleatorios, tomar la información de las hojas con esos números, posteriormente, formar la carta.

VII. Método PHVA para la Mejora Continua

Fecha de Inicio: 01 Octubre, 2015	(logotipo) Proyecto de Mejora
Fecha de Finalización: 01 Marzo, 2016	

Equipo de Trabajo: Supervisores de cada área	Responsable: Gerente Técnico
-----------------------------------------------------	-------------------------------------

1. **Proyecto**

“Mejora de la Calidad en Proceso de Fabricación de Chinelas de Hule en Rolter S.A.”

2. **Situación Actual**

Existe una reducción en la calidad de las chinelas de hule que Rolter S.A. manufactura, esto ocurre en las 7 áreas productivas, el cual la materia prima es transformada por recursos como operarios, maquinas, herramientas y procedimientos.

El origen del efecto antes escrito, son los existentes factores internos de área que pueden estar influyendo en gran parte en la calidad del bien que se encuentra manufacturando, sin dejar atrás los externos, que con un análisis minucioso se podría disminuir sus consecuencias. Con la inadecuada aplicación de las herramientas que evalúan la calidad del producto en proceso, no les permite identificarlos, analizarlos, controlarlos, por ende, darles solución. Cabe destacar que en algunos procesos de las áreas, no poseen su estandarización, siendo un impedimento para uso de las herramientas.

3. **Análisis**

4. Acciones

N°	Actividad	Responsable	Fecha		Presupuesto/ Inversión USD
			Inicio	Final	
1	Capacitaciones a operarios	Empresa			
2	Establecer mantenimiento preventivo	Dpto. Mantenimiento			
3	Estandarización de operaciones	Gerencia producción			
4	Aplicación metodología 5 S	Gerencia técnica			
5	Compras de EPP	Empresa			
6	Mejorar planificación y programación de producción	Gerencia producción			
7	Mejorar sistema de inventarios	Gerencia producción			
8	Cambios en infraestructura	Empresa			
9	Motivaciones e incentivos a operarios	Empresa			
10	Capacitación a supervisores	Gerencia técnica			
Total Presupuesto					

N°	Indicador (contenido en BSC)	Línea Base (Mejor Histórico)	Meta (incluir fecha)	Beneficio (cualitativo o Económico)
1	Operarios interesados en cumplir sus funciones			
2	Operaciones normalizadas			
3	% de cumplimiento de programación de producción			
4	Ventilación, disminución de temperatura, disminución de contaminantes.			
5	Uso de EPP			
6	Supervisores competentes			
7	% de eficiencia de sistema de inventarios			
8	Inicio de Mantenimiento preventivo			

5. Ejecución

- Realización de estudios movimiento y tiempo para normalización de operaciones.
- Reconstrucción en la infraestructura.
- Compras de EPP idóneos para cada área
- Capacitaciones y motivaciones hacia los operarios
- Supervisores en capacitaciones para una mejor inspección
- Adecuada planificación y programación de la producción

- Comunicación entre gerencias
- Aplicación de la metodología 5S en cada área
- Creación y programación de mantenimiento preventivo a máquinas y equipos
- Aplicación de un mejor sistema de inventarios
- Elaboración de sistema de incentivos hacia operarios

6. **Verificación**

- ❖ % del cumplimiento de la calidad de los productos en procesos.
- ❖ Información de movimientos de los operarios, determinando las importantes y las que no proporcionan ningún valor agregado.
- ❖ Tiempos determinados para cada movimiento, identificando el tiempo necesario para la fabricación de una unidad, al mismo tiempo, de establecer la cantidad de unidades a manufacturar por jornada laboral.
- ❖ Interés y motivados en la ejecución de sus funciones de cada operario.
- ❖ Mayores inspecciones por parte de los supervisores de las distintas áreas.
- ❖ Disminución de contaminantes, suciedad, basura, existencia de ventiladores, temperaturas ambientes en áreas productivas.
- ❖ Máquinas y equipos en estado óptimos.
- ❖ Uso adecuado de los EPP's
- ❖ Amplia infraestructura, evitando altas temperaturas por largos periodos, con mayor ventilación.
- ❖ Cumplimiento de la programación de producción.
- ❖ Eficiencia del sistema de inventario.

7. **Documentación**

- Bitácoras realizadas
- Especificaciones de variables renovadas
- Índices de capacidad con categoría Seis Sigma
- Información acerca de estudio de tiempos y movimientos

- Productividad hombre-maquina
- Productividad de insumos
- Proyecto Seis Sigma
- Cumplimiento de la programación de producción
- Metodología 5S

8. **Conclusión**

Mejoría en la calidad en la chinela de hule, iniciando con la disminución de rechazos de los productos en procesos, estandarización de las operaciones, información acerca de la productividad hombre-máquina y el % de aprovechamiento de los insumos, uso adecuado de EPP's de cada área, operarios motivados e interesados en sus funciones gracias al sistema de incentivos hecho por la empresa, disminución de situaciones extremas como las altas temperaturas, exposición al calor, olor, polvo, etc., depuración de basura y equipos y maquinas en estado óptimo para manufacturar.

Gerente de Producción

Gerente Técnico

VIII. Conclusiones

Al haber diagnosticado, analizado y propuesto las herramientas que evalúan la Calidad en las distintas áreas, se concluyó que:

- Se elaboró el flujo grama de las distintas etapas del proceso de fabricación, dándonos facilidad de conocer, interpretar, analizar y evaluar el proceso de producción y desarrollar nuestro estudio.
- Se determinaron las variables y atributos que influyen en la calidad, evaluando con cartas de control y capacidad de procesos, registrando con hojas de verificación y valorando con paretogramas.
- En cada etapa del proceso se identificaron los principales defectos con la aplicación de herramientas como: diagrama Ishikawa, cartas de control, hojas de verificación y paretogramas, además de datos históricos que posee la misma empresa sobre el comportamiento y principales causas que afectan la calidad.
- A través de la utilización de los índices de capacidad, se determinó que la mayoría de los procesos no son capaz de cumplir hábilmente con especificaciones establecidas.
- Se empleó método PHVA, para la mejora continua de la calidad para el proceso de fabricación de la chinela de hule.

IX. Recomendaciones

1. Para el mejor aprovechamiento de la información que permite la tabla militar 105^a, se necesita establecer el tamaño de lote como unidades (barras) enviadas por el proveedor, definir el nivel de inspección, poseer un Nivel de Calidad Aceptable, NCA establecido (ya sea, para defectos mayores o menores) y hacer las pruebas de laboratorio respectivas al atributo previamente definido, para cumplir el propósito de un muestreo de aceptación.
2. En el área de dosificado, se necesita un cambio de los recipientes, debido a que existen escorias impregnadas de otras dosificaciones, causando contaminantes que afectan la dosis. Por consiguiente establecer la vida útil de ellos, para determinar cada cuanto se estaría cambiando los recipientes.
3. Calibración de balanzas del área de dosificado, teniendo en cuenta la certificación de este proceso y estipular el tiempo que se necesita para la próxima calibración.
4. Para una mejor comprensión de los pesos de cada insumo para preformas de plantilla y fajas, aplicar una carta individual para c/u, dando al mismo tiempo apoyo para comprobar si las balanzas se encuentran des calibrada, una vez cuando se posea registro de la carta (historial).
5. Establecer el peso nominal para la elaboración de preformas de plantillas, ya que si se producen de diferentes, estarían mal aprovechando la cantidad que puede proporcionar una dosis. Además, componer moldes de vulcanizado para preformas con la característica mencionada anteriormente.
6. Aplicar Carta p (porción de rechazos) con límites variables, a partir de la información de las hojas de verificación de recorte de fajas, tomando en

cuenta la cantidad de fajas inspeccionadas y las rechazadas. De la misma manera, para el área de ensamble de chinelas.

7. Establecer Especificaciones y por consiguiente, Índices de Capacidad, para poseer un mejor control de las variables que se presentan en las preformas y láminas vulcanizadas.
8. Estandarizar el troquelado de las preformas de faja, indicando si son tirilla para un determinado número de calzado y conociendo las dimensiones que se necesitan, según moldes, para este proceso.
9. Estandarizar la capacidad de anaqueles o estantes de preformas de fajas, permitiendo a la vez conocer la cantidad aproximada de cuantos se ocupan por turno.
10. Aplicación de metodología 5 S en todas las áreas.
11. Efectuar análisis de carta de control y valoración del proceso con índices de capacidad, basadas en variables alternativas como dureza, resistencia a la deformación, etc.
12. Utilización de software especialistas en calidad como Minitab 16 para el análisis de casos específicos en las áreas que lo requieran, como índices de capacidad para la valoración del proceso y análisis de tolerancias.
13. Para una buena aplicación de cartas de control en los distintos procesos, garantizar anticipadamente que los lotes estén homogéneos.
14. Programar la producción, de manera que se establezcan horarios no interrumpidos de los diferentes productos, con el propósito de llevar un mejor control de la demanda y que facilite el trabajo de los operarios.

X. Bibliografía

- Besterfield, D. (2009). *Control de Calidad* (Octava ed.). Ciudad de Mexico: Pearson Educación de Mexico.
- Espinoza Anaya, G. D. (2008). *Validación del Proceso Productivo del Caucho en base a Ensayos de Dureza*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/322/ESPINOZA_GUSTAVO_VALIDACION_DEL_PROCESO_PRODUCTIVO_DEL_CAUCHO_EN_BASE_A_ENSAYOS_DE_DUREZA.pdf?sequence=1
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Administración y Control de la Calidad* (7ma ed.). Mexico D.F.: Cengage Learning.
- Gavilanes Portero, N. S. (2012). *La Implementación de un Sistema de Control de Calidad, en el Área de Producción y su Impacto en el Desarrollo Organizacional, de la Fábrica de Calzado "LENDEL"*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3682/51%20o.e..pdf?sequence=1>
- Gryna, F., Chua, R., DeFeo, J., & Pantoja Magaña, J. (2007). *Método Juran. Análisis y Planificación de la Calidad* (Quinta ed.). Mexico: McGraw Hill Companies.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (2 ed.). Mexico: McGraw Hill Companies.
- Hernández, J. C., & Zamudio Piñeros, L. (2004). *Aplicación de Herramientas Estadísticas para Mejorar la Calidad del Proceso de Mezcla de Empaques de Caucho para Tubería en la Empresa Eterna S.A.* Bogotá, Colombia: Universidad Javeriana. Obtenido de www.javeriana.edu.co/tesis/ingenieria/tesis73.pdf
- Morales Matus, J. J., Ruiz Téllez, U., & Rodríguez, Y. (2009). *Manual de Procedimiento para la Actividad de Troquelado y Revisado de Plantilla en Rolter S.A.* Managua: Facultad de Tecnología de la Industria.
- Vélez Suárez, E. P. (2009). *Control Estadístico de los Indicadores de Calidad de Calzado Plástico*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/385/File/CALZADO.pdf>

xi. Anexos

Anexo 1. Control Entrega de Material de Pruebas

TABLA 12.16 Letras códigos para el tamaño de muestra para MIL STD 414 (muestreo para variables).

NIVELES DE INSPECCIÓN					
TAMAÑO DEL LOTE	I	II	III	IV	V
3 a 8	B	B	B	B	C
9 a 15	B	B	B	B	D
16 a 25	B	B	B	C	E
26 a 40	B	B	B	D	F
41 a 65	B	B	C	E	G
66 a 110	B	B	D	F	H
111 a 180	B	C	E	G	I
181 a 300	B	D	F	H	J
301 a 500	C	E	G	I	K
501 a 800	D	F	H	J	L
801 a 1300	E	G	I	K	L
1301 a 3200	F	H	J	L	M
3201 a 8000	G	I	L	M	N
8001 a 22000	H	J	M	N	O
22001 a 110000	I	K	N	O	P
110001 a 550000	I	K	O	P	Q
550001 y más	I	K	P	Q	Q

Anexo 2. Toda la información que proporciona la Tabla Militar 414

TABLA 12.17 Tabla para inspección normal y severa (variabilidad desconocida, método de la desviación estándar), método *M*.

LETRA CÓDIGO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA		TAMAÑO DE LA MUESTRA	NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE: NCA O AQL (INSPECCIÓN NORMAL)												
			0.04	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.0
			M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
C	4		↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.53	5.50	10.92	16.45	22.86	29.45	36.90
D	5		↓	↓	↓	↓	↓	1.33	3.32	5.83	9.80	14.39	20.19	26.56	33.99
E	7		↓	↓	↓	↓	0.422	1.06	2.14	3.55	5.35	8.40	12.20	17.35	23.29
F	10		↓	↓	↓	0.349	0.716	1.30	2.17	3.26	4.77	7.29	10.54	15.17	20.74
G	15		0.099	0.099	0.312	0.503	0.818	1.31	2.11	3.05	4.31	6.56	9.46	13.71	18.94
H	20		0.135	0.135	0.365	0.544	0.846	1.29	2.05	2.95	4.09	6.17	8.92	12.99	18.03
I	25		0.155	0.156	0.380	0.551	0.877	1.29	2.00	2.86	3.97	5.97	8.63	12.57	17.51
J	30		0.179	0.179	0.413	0.581	0.879	1.29	1.98	2.83	3.91	5.86	8.47	12.36	17.24
K	35		0.170	0.170	0.388	0.535	0.847	1.23	1.87	2.68	3.70	5.57	8.10	11.87	16.65
L	40		0.179	0.179	0.401	0.566	0.873	1.26	1.88	2.71	3.72	5.58	8.09	11.85	16.61
M	50		0.163	0.163	0.363	0.503	0.789	1.17	1.71	2.49	3.45	5.20	7.61	11.23	15.87
N	75		1.147	0.147	0.330	0.467	0.720	1.07	1.60	2.29	3.20	4.87	7.15	10.63	15.13
O	100		0.145	0.145	0.317	0.447	0.689	1.02	1.53	2.20	3.07	4.69	6.91	10.32	14.75
P	150		0.134	0.134	0.293	0.413	0.638	0.949	1.43	2.05	2.89	4.43	6.57	9.88	14.20
Q	200		0.135	0.135	0.294	0.414	0.637	0.945	1.42	2.04	2.87	4.40	6.53	9.81	14.12
			.065	0.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
Niveles de calidad aceptable: NCA o AQL (inspección severa)															

TABLA 12.18 Tabla para estimar el porcentaje de defectuosos en el lote (p_i o p_p) para Z_{EI} o Z_{ES} usando el método de la desviación estándar.

Z_{ES} o Z_{EI}	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
0	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
0.1	47.24	46.67	46.44	46.26	46.16	46.10	46.08	46.06	46.06	46.05	46.04	46.04	46.03	46.03	46.02	46.02
0.3	41.63	40.00	39.37	38.87	38.60	38.44	38.37	38.33	38.31	38.29	38.28	38.27	38.25	38.24	38.22	38.22
0.35	40.20	38.33	37.62	37.06	36.75	36.57	36.49	36.45	36.43	36.41	36.40	36.38	36.36	36.35	36.33	36.33
0.45	37.26	35.00	34.16	33.49	33.23	32.92	32.84	32.79	32.76	32.74	32.73	32.72	32.68	32.67	32.66	32.65
0.50	35.75	33.33	32.44	31.74	31.37	31.15	31.06	31.01	30.98	30.96	30.95	30.93	30.90	30.89	30.87	30.87
0.55	34.20	31.67	30.74	30.01	29.64	29.41	29.32	29.27	29.24	29.22	29.21	29.19	29.16	29.15	29.41	29.13
0.60	35.61	30.00	29.05	28.32	27.94	27.72	27.63	27.58	27.55	27.53	27.52	27.50	27.47	27.46	27.45	27.44
0.70	29.27	26.67	25.74	25.03	24.67	24.46	24.38	24.33	24.31	24.29	24.28	24.26	24.24	24.33	24.21	24.21
0.75	27.50	25.00	24.11	23.44	23.10	22.90	22.83	22.79	22.76	22.75	22.73	22.72	22.70	22.69	22.68	22.67
0.80	25.64	23.33	25.51	21.88	21.57	21.40	21.33	21.29	21.27	21.26	21.25	21.23	21.22	21.21	21.20	21.20
0.85	23.67	21.67	20.93	20.37	20.10	19.94	19.89	19.86	19.84	19.82	19.82	19.80	19.79	19.78	19.78	19.77
0.90	21.55	20.00	19.38	18.90	18.67	18.54	18.50	18.47	18.46	18.45	18.44	18.43	18.42	18.42	18.41	18.41
0.95	19.25	18.33	17.86	17.48	17.29	17.20	17.17	17.15	17.14	17.13	17.13	17.12	17.12	17.11	17.11	17.11
1.00	16.67	16.62	16.36	16.10	15.97	15.91	15.89	15.88	15.88	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87
1.05	13.66	15.00	14.91	14.77	14.71	14.68	14.67	14.67	14.67	14.67	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68
1.10	9.84	13.33	13.48	13.49	13.50	13.51	13.52	13.52	13.53	13.54	13.54	13.54	13.55	13.55	13.56	13.56
1.15	0.29	11.67	12.10	12.27	12.34	12.39	12.42	12.44	12.45	12.46	12.46	12.47	12.48	12.49	12.49	12.30
1.20	0.00	10.00	10.76	11.10	11.24	11.34	11.38	11.41	11.42	11.43	11.44	11.46	11.47	11.48	11.49	11.49
1.25	0.00	8.33	9.46	9.98	10.21	10.34	10.40	10.43	10.46	10.47	10.48	10.50	10.52	10.53	10.54	10.56
1.30	0.00	6.67	8.21	8.93	9.22	9.40	9.48	9.52	9.55	9.57	9.58	9.60	9.63	9.64	9.65	9.66
1.35	0.00	5.00	7.02	7.92	8.30	8.52	8.61	8.66	8.69	8.72	8.74	8.76	8.79	8.81	8.82	8.83
1.40	0.00	3.33	5.88	6.98	7.44	7.69	7.80	7.86	7.90	7.92	7.94	7.97	8.01	8.02	8.04	8.05
1.45	0.00	1.67	4.81	6.10	6.63	6.92	7.04	7.11	7.15	7.18	7.21	7.24	7.28	7.30	7.31	7.33
1.50	0.00	0.00	3.80	5.28	5.87	6.20	6.34	6.41	6.46	6.50	6.52	6.55	6.60	6.61	6.64	6.65
1.55	0.00	0.00	2.87	4.52	5.18	5.54	5.69	5.77	5.82	5.86	5.88	5.92	5.97	5.99	6.01	6.02
1.60	0.00	0.00	2.03	3.83	4.54	4.92	5.09	5.17	5.23	5.27	5.30	5.33	5.38	5.41	5.43	5.44
1.65	0.00	0.00	1.28	3.19	3.95	4.36	4.83	4.62	4.68	4.72	4.75	4.79	4.85	4.87	4.90	4.91
1.70	0.00	0.00	0.66	2.62	3.41	3.84	4.02	4.12	4.18	4.22	4.25	4.30	4.35	4.38	4.41	4.42
1.75	0.00	0.00	0.19	2.11	2.93	3.37	3.56	3.66	3.72	3.77	3.80	3.84	3.90	3.93	3.95	3.97
1.80	0.00	0.00	0.00	1.65	2.49	2.94	3.13	3.24	3.30	3.35	3.38	3.43	3.48	3.51	3.54	3.55
1.85	0.00	0.00	0.00	1.26	1.09	2.56	2.75	2.85	2.92	2.97	3.00	3.05	3.10	3.13	3.16	3.17
1.90	0.00	0.00	0.00	0.93	1.75	2.21	2.40	2.51	2.57	2.62	2.65	2.70	2.76	2.79	2.82	2.83
1.95	0.00	0.00	0.00	0.65	1.44	1.90	2.09	2.91	2.26	2.31	2.34	2.39	2.45	2.48	2.50	2.52
2.00	0.00	0.00	0.00	0.43	1.17	1.62	1.81	1.91	1.98	2.03	2.06	2.10	2.16	2.19	2.22	2.23
2.05	0.00	0.00	0.00	0.26	0.94	1.37	1.56	1.66	1.73	1.77	1.80	1.85	1.91	1.94	1.96	1.98
2.10	0.00	0.00	0.00	0.14	0.74	1.16	1.34	1.44	1.50	1.54	1.58	1.62	1.68	1.71	1.73	1.75
2.15	0.00	0.00	0.00	0.06	0.58	0.97	1.14	1.24	1.30	1.34	1.37	1.42	1.47	1.50	1.53	1.54
2.20	0.000	0.00	0.000	0.015	0.437	0.803	0.968	1.061	0.120	1.161	1.192	1.233	1.287	1.314	1.340	1.352
2.25	0.000	0.00	0.000	0.001	0.324	0.660	0.816	0.905	0.962	1.002	1.031	1.071	1.123	1.148	1.173	1.186
2.30	0.000	0.00	0.000	0.000	0.233	0.538	0.685	0.769	0.823	0.861	0.888	0.927	0.977	1.001	1.025	1.037

TABLA 12.18 Tabla para estimar el porcentaje de defectuosos en el lote (p_i o p_s) para Z_{EI} o Z_{ES} usando el método de la desviación estándar (continuación).

Z_{ES} o Z_{EI}	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
2.35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.163	0.435	0.571	0.650	0.701	0.736	0.763	0.779	0.847	0.870	0.893	0.905
2.40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.109	0.348	0.473	0.546	0.594	0.628	0.653	0.687	0.732	0.755	0.777	0.797
2.45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.275	0.389	0.457	0.501	0.533	0.556	0.589	0.632	0.653	0.673	0.684
2.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.214	0.317	0.380	0.421	0.451	0.473	0.503	0.543	0.563	0.582	0.592
2.55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.165	0.257	0.314	0.352	0.379	0.400	0.428	0.465	0.484	0.502	0.511
2.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.125	0.207	0.258	0.293	0.318	0.337	0.363	0.398	0.415	0.432	0.441
2.65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.094	0.165	0.211	0.243	0.265	0.282	0.307	0.339	0.355	0.371	0.379
2.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.069	0.130	0.171	0.200	0.220	0.236	0.258	0.288	0.302	0.317	0.325
2.75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.102	0.138	0.163	0.182	0.196	0.216	0.243	0.257	0.271	0.277
2.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.079	0.110	0.133	0.150	0.162	0.181	0.205	0.218	0.230	0.237
2.85	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.060	0.088	0.108	0.122	0.134	0.150	0.173	0.184	0.195	0.201
2.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.046	0.069	0.087	0.100	0.110	0.125	0.145	0.155	0.165	0.171
2.95	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.034	0.054	0.069	0.081	0.090	0.103	0.121	0.130	0.140	0.144
3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.025	0.042	0.056	0.065	0.073	0.084	0.101	0.109	0.118	0.122
3.05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.018	0.032	0.043	0.052	0.059	0.069	0.083	0.091	0.099	0.103
3.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.013	0.024	0.034	0.041	0.047	0.056	0.069	0.076	0.083	0.086
3.15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.018	0.026	0.033	0.038	0.046	0.067	0.063	0.069	0.072
3.20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.014	0.020	0.026	0.030	0.037	0.047	0.062	0.057	0.060
3.25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.010	0.015	0.020	0.024	0.030	0.038	0.043	0.048	0.050
3.30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.012	0.015	0.019	0.024	0.031	0.035	0.039	0.042
3.35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.009	0.012	0.015	0.019	0.025	0.029	0.032	0.034
3.40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.007	0.009	0.011	0.015	0.020	0.023	0.027	0.028
3.45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.005	0.007	0.009	0.012	0.016	0.019	0.022	0.023
3.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.005	0.007	0.009	0.013	0.015	0.018	0.019
3.55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.004	0.005	0.007	0.011	0.012	0.015	0.016
3.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.013
3.65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	0.004	0.007	0.008	0.010	0.010
3.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.008
3.75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007
3.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
3.85	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004
3.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004

Anexo 3, Recipientes que contienen las dosificaciones (baldes) y otros recipientes que utilizan



Recipiente que se utiliza para transportar la mezcla de la bambury hasta el molino homogeneizador (área Preformado), presentándose deteriorado por su utilización

Anexo 4. Formato de recolección de datos de dosificaciones

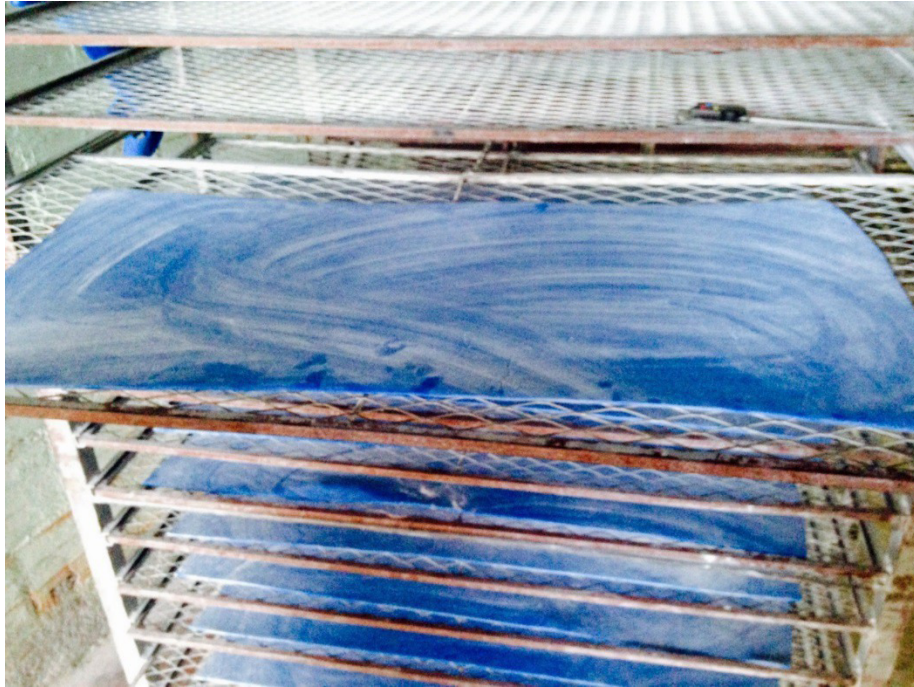
Anexo 5, Lotes no homogéneos dificulta la recolección de datos para la evaluación de calidad



Anexo 6, Des calibración de equipos de medición de la empresa



Anexo 7, Anaqueles o estantes



Factores para la elaboración de graficas de control

Observaciones en la muestra, n	Grafica para promedios	Gráficas para las desviaciones estándar							Grafica para rangos			
	Factores para los limites de control	Factores para la línea central				Factores para los limites de control			Factores para la línea central	Factores para los limites de control		
	A ₂	A ₃	C ₄	1/C ₄	B ₃	B ₄	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₃	D ₄
2	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.267
3	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	2.574
4	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	2.282
5	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	2.114
6	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	2.004
7	0.419	1.182	0.9594	1.04230	0.118	1.882	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.076	1.924
8	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.136	1.864
9	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.184	1.816
10	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.223	1.777
11	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.256	1.744
12	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.283	1.717
13	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	1.585	3.336	0.2998	0.770	0.307	1.693
14	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	1.563	3.407	0.2935	0.763	0.328	1.672
15	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	1.544	3.472	0.2880	0.756	0.347	1.653
16	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	1.526	3.532	0.2831	0.750	0.363	1.637
17	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	1.511	3.588	0.2787	0.744	0.378	1.622
18	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	1.496	3.640	0.2747	0.739	0.391	1.608
19	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	1.483	3.689	0.2711	0.734	0.403	1.597
20	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	1.470	3.735	0.2677	0.729	0.415	1.585
21	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	1.459	3.778	0.2647	0.724	0.425	1.575
22	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	1.448	3.819	0.2618	0.720	0.434	1.566
23	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	1.438	3.858	0.2592	0.716	0.443	1.557
24	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	1.429	3.895	0.2567	0.712	0.451	1.548
25	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	1.420	3.931	0.2544	0.708	0.459	1.541